

جامعة حائل
University of Ha'il

المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة حائل
وكالة الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي
مركز النشر العلمي والترجمة

ضبط الجودة الإحصائي بإستخدام برامج الميكروسفت أكسل والمينيتاب

إعداد
أ.د. محمد أحمد عيشوني

١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣م

إهــداء ٢٠١٥

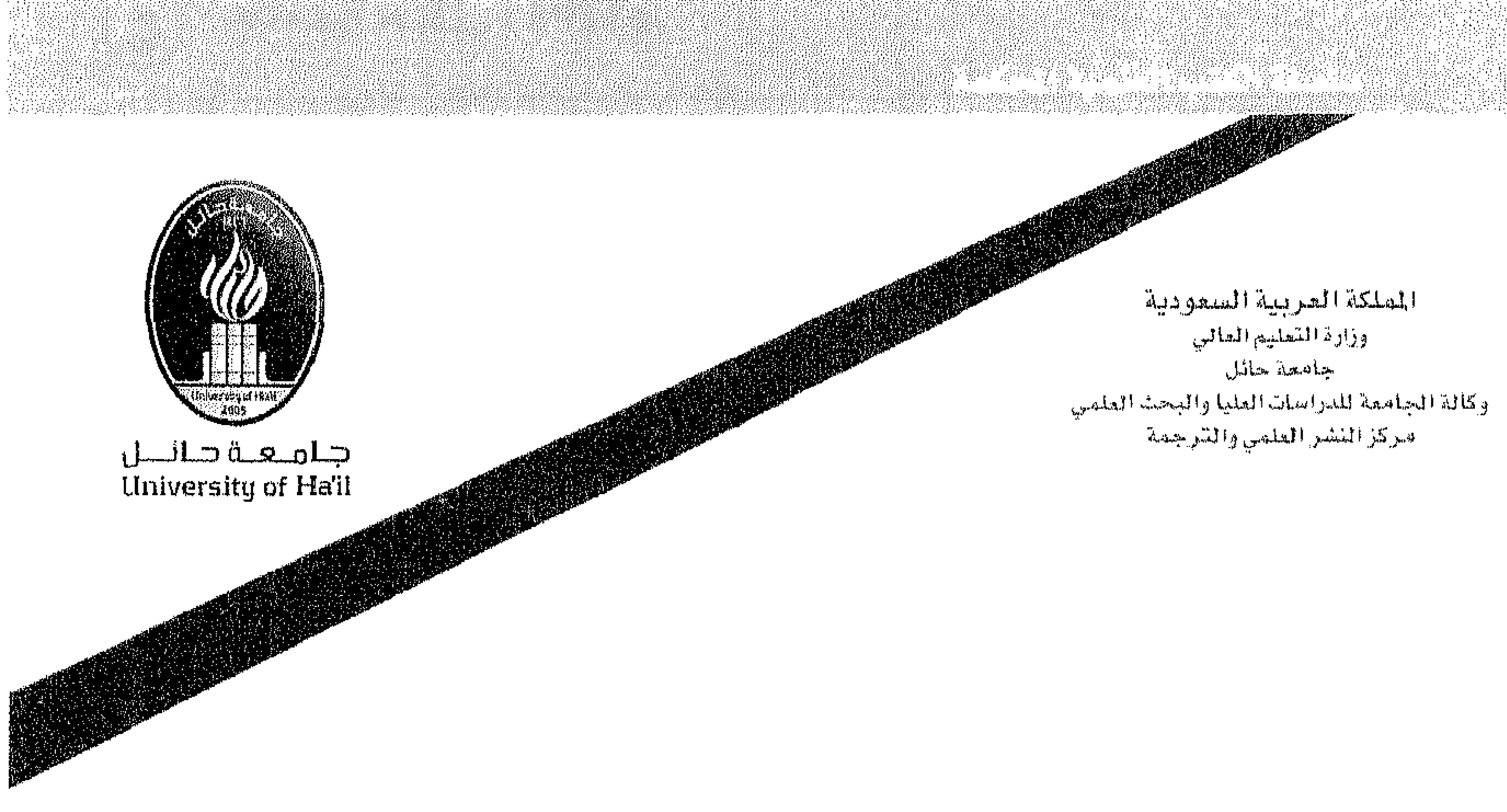
الملحقية الثقافية السعودية

القاهرة

إهــداء ٢٠١٥

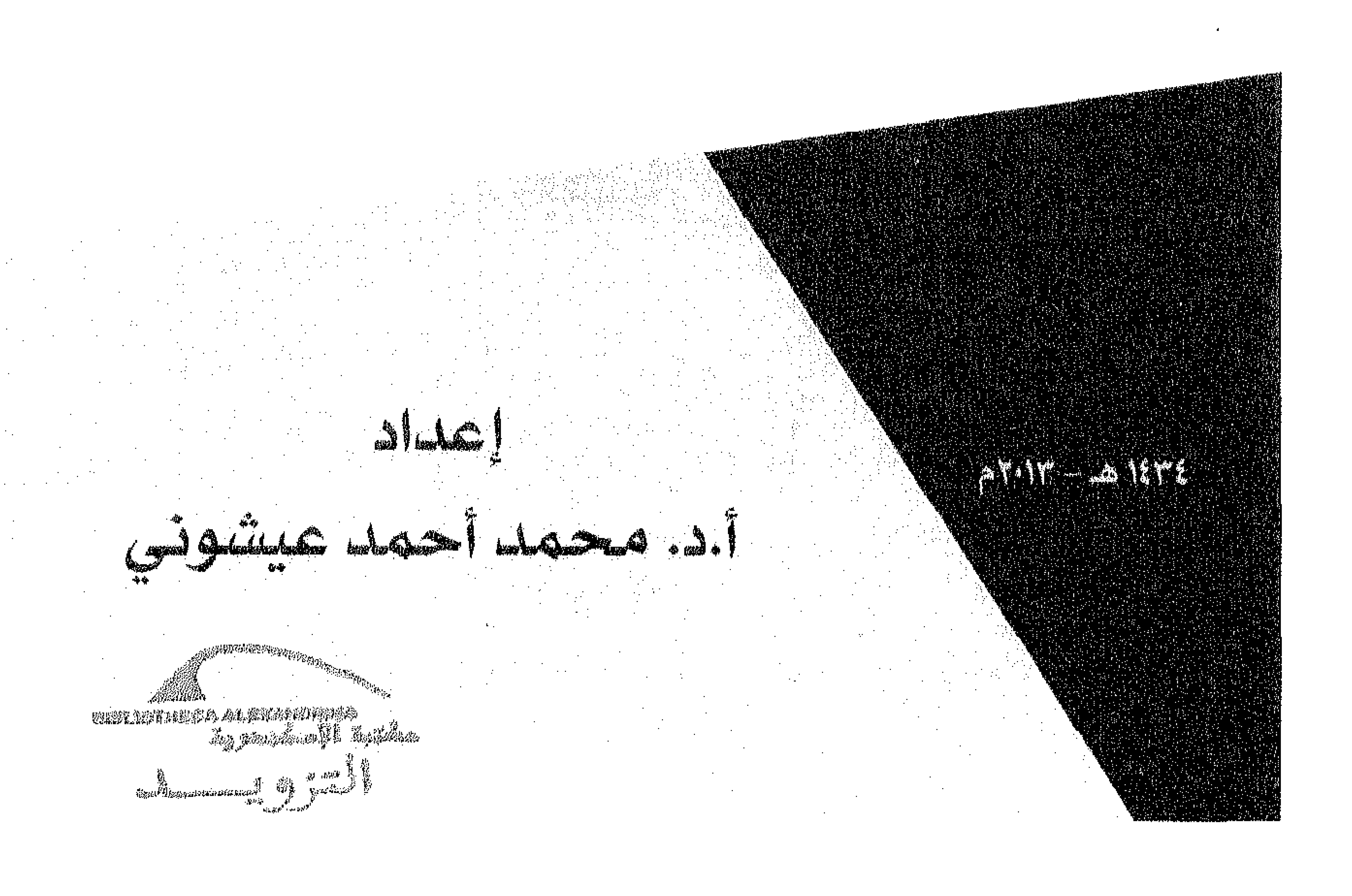
الملحقية الثقافية السعودية

القاهرة



المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة حائل
وكالة الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي
مركز النشر العلمي والترجمة

ضبط الجودة الإحصائي بإستخدام برامج الميكروسفت أكسل والمينيتاب



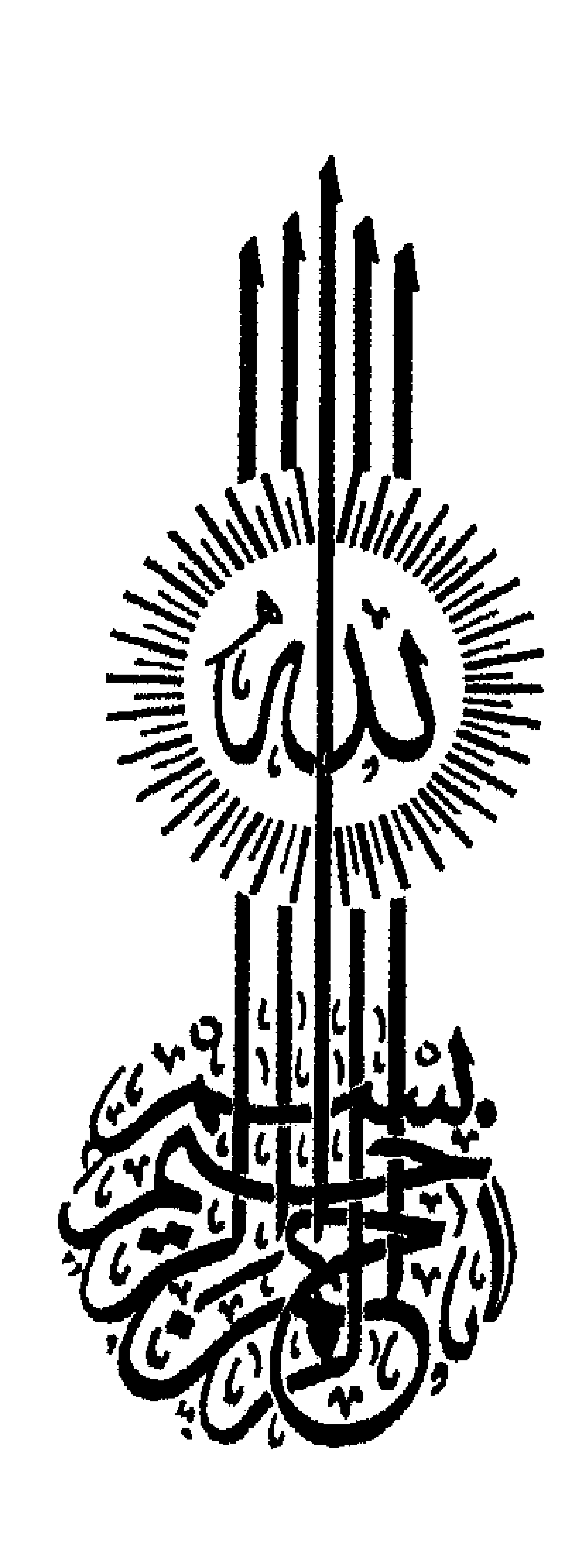
إعداد
أ.د. محمد أحمد عيشوني

١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣م

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
عيشوني ، محمد أحمد
ضبط الجودة الإحصائي باستخدام برامج الميكروسف إكسل والمينتات . / محمد أحمد عيشوني . - حائل ، ١٤٣٤هـ
٤٠٠ ص ؛ ١٧ × ٢٤سم
ردمك: ٩-٠٩-٩٨١٥-٦٠٣-٩٧٨
١- ضبط الجودة - الطرق الاحصائية   أ. العنوان
ديوي ٥١٩,٨٩   ١٤٣٤/٤٧٦٩هـ

رقم الإيداع : ١٤٣٤/٤٧٦٩هـ
ردمك : ٩ - ٠٩ - ٩٨١٥ - ٦٠٣ - ٩٧٨

الطبعة الأولى


بسم الله الرحمن الرحيم

بحمـد الله و توفيقـه تخطو جامعة حائل خطـى وثّابة في تأسيس البرامج الرائـدة وتبني المبادرات التي تعـزز قدرتها في أداء رسالتها وفـق رؤية واضحة تستوعب محاور العمل الجامعي و تحرص على توافر معايير الجـودة و الإتقـان لكل مجـالات الأداء و مساراتـه ، و تأتي هذه الجهـود في إطار تطلعـات قيادتنا الرشيدة ومسؤوليـة الجامعـات في تعزيز الحـراك العلمي و المعرفي و المهني كمحور رئيس و ركيـزة أساسية من ركائز النهضة الوطنية التي تحظى بدعم و إهتمام و متابعة خادم الحرمين الشريفين الملك **عبدالله بن عبدالعزيز** (حفظه الله) و ولي عهده الأمين و سمو النائب الثاني (حفظهما الله) .

كما تلقى جهود الجامعة دعم وتوجيه صاحب السمو الملكي الأمير / سعود بن عبدالمحسن - أمير منطقة حائل (حفظه الله) ومتابعة دائمة من صاحب المعالي وزير التعليم العالي الأستاذ الدكتور /خالد بن محمد العنقري (حفظه الله) .

و يعتـبر النشـر العلمي مؤشراً هام مـن مؤشرات الإنتاج و الحراك المعرفي ومعـزز للتنمية المضافة التي تؤكـد دور الجامعـة في دعم التوجه نحو مجتمع المعرفة و توفير مقوماته الفكريـة و الثقافية و الأدبية لخدمة مسيرة التنامي في المجتمع المحلي و البيئة المحيطة و الوفاء بمتطلبات الحضـور الفاعل للجامعة في المحافل العلمية والوطنية و الإقليمية و الدولية .

و تأتـي باكورة إصـدارات النشر العلمي في جامعة حائل لتعبر عن تطـورات المشهد الأكاديمي في إعداد الكـوادر الوطنيـة المتخصصة في مختلف المجـالات العلمية ،و نتاجهـم البحثي في الحصـول على الدرجات العلمية و كذلك إصدار الكتب التخصصية الرصينة التي تؤمن مرجعية للبرامج الجامعية فضلاً عن مؤلفات التحقيـق للتواصل مع الموروث الحضاري و الكتب المترجمة التـي تؤكد مواكبة الجديد عالمياً في ميادين العلم ومجالات الفكر و الثقافة .

و إذ تقـدم الجامعـة الإصدار الأول من سلسلـة إصدارات النشر العلمي فإننـي أقدم وافر شكري لجهود اللجنـة الدائمـة للنشر العلمـي و رئيسها سعـادة الأستاذ الدكتور / عثمـان بن صالح العامـر وكيل الجامعة للدراسـات العليـا و البحث العلمي ، و مقرر اللجنة سعادة الدكتور / تركي بن علي المطلق عميد شؤون المكتبات و مديـر مركـز النشر العلمي و الترجمة ، و الأخوة باقي أعضـاء اللجنة على جهودهم في هذا الخصوص آملاً تنامي جهودهم في ضبط مسيرة الإنتاج و النشر العلمي و تعزيز روافدها وفق الضوابط و اللوائح المعمول بها .

و الله ولي التوفيق ،،،

مدير الجامعة

أ.د. خليل بن ابراهيم البراهيم

محتويات الكتاب

الفصل الثالث – التوزيع التكراري وإستعمالاته في تحسين الجودة والعمليات

الفصل الرابع – المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط الجودة للمتغيرات

الفصل الخامس – المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط الجودة للخواص

الفصل السادس – تحليل مقدرة العمليات

الملحقات

مقدمة الكتاب

يذكر لنا التاريخ أن اليابانيين حولوا "برنامج إعادة اليابان" عقب هزيمة الحرب العالمية الثانية إلى "معجزة الجودة اليابانية " (Japanese Quality Miracle) في سنوات السبعينيات الميلادية ويعود الفضل في ذلك إلى عالمين أمريكين من علماء الجودة هما إدوارد ديمنج (Deming)، وجوزيف جوران (Juran) إضافة إلى إسهامات علمائهم أمثال إيشيكاوا (Ishikawa) وتاجوشي (Taguchi) وشينجو (Shingo). ولقد علم ديمنج اليابانيين أن الجودة السيئة التي كانت سمة المنتجات اليابانية هي نتيجة للإختلافات والتغيرات في العمليات وأن هذه الأخيرة هي عدوة الجودة وأن تحسين العمليات وتحقيق الجودة في مخرجاتها يتم عبر فهم الإختلافات وإيجاد الطرق للتقليل منها في العمليات. كما كان يؤكد دائما أن الإدارة تتحمل مسؤولية تامة حيال دراسة الإختلافات وعليها توفير البيئة والإمكانات التي تمكن الموظفين في مختلف مستوياتهم من فهم هذه الإختلافات وإتاحة الفرصة لهم للمشاركة في التقليل منها وبالتالي تحسين جودة المنتجات والخدمات. كما أكد العالم ديمنج على أهمية إستعمال الأساليب الإحصائية في تحقيق ذلك.

من أجمل ما قرأت عن منهجية ديمنج ونظرته لإدارة الجودة كتابه بعنوان "الخروج من الأزمة" الصادر في أمريكا سنة ١٩٨٦ للميلاد، والذي جاء بعد البرنامج الذي أطلقه ديمنج صرخة في وجه الإدارة الأمريكية التي كانت تعاني من التنافسية الحادة التي فرضتها عليها الصناعات اليابانية والتقهقر لمنتجاتها، "إذا إستطاعت اليابان فلماذا لا نستطيع نحن؟" إنني أنصح كل قائد في منظمة عربية أن يقرأ الكتاب ويستفيد من أفكاره خاصة في عصر الأعاصير السياسية والإقتصادية والإجتماعية التي تعصف بالأمة العربية، منظمات وأفراد.

لقد أطلقت الجمعية الأمريكية للجودة برنامجا يطلق عليه "التفكير الإحصائي في كل مكان" وبنته على ثلاثة عناصر أساسية هي:

أولا – كل عمل يحدث ضمن نظام قائم على عمليات مترابطة فيما بينها (All work occurs in a system of interconnected processes).

ثانيا – الإختلافات والتغيرات موجودة في كل العمليات (Variation exists in all processes).

ثالثا – فهم الإختلافات والعمل على تقليلها هو مفتاح النجاح والتميز (Understanding and reducing variation are keys to success).

يعتبر هذا البرنامج امتدادا لفكر العالم إدوارد ديمنج الذي أرى أن منظماتنا العربية الحكومية والخاصة هي بأمس الحاجة إلى تبنيه خاصة في ضوء السعي وراء إنتاج منتجات وتقديم خدمات تتميز بالجودة العالية مما سيساهم في تحسين الأداء وتحقيق التميز في إرضاء العملاء.

يهدف هذا الكتاب إلى تسليط الضوء على هذه المفاهيم الحديثة من خلال التطبيق العملي في واقع المنظمات الإنتاجية والخدمية لهذا التفكير الإحصائي وتطبيقه في تحسين الجودة والعمليات وبإستعمال الوسائل التقنية الحديثة كبرامج الحاسب الآلي المتوفرة على أجهزتنا الشخصية مثل برامج الميكروسفت وبرامج تخصصية في مجال الجودة. ولعل اختيارنا لبرنامج الميكروسفت إكسل (Microsoft Excel) في عملنا هذا يكون منطقيا كون هذا البرنامج متوفرا على كل حاسب مكتبي ومنه تكون فرصة التعلم عليه وافرة جدا بالإضافة إلى الإمكانات الإحصائية الهائلة المتوفرة فيه مع سهولة التعامل معه. أما البرنامج الثاني فهو برنامج المينيتاب (Minitab) المعتمد دوليا لدى المنظمات الإنتاجية والخدمية في مجال الجودة والذي يتميز بإمكاناته القيمة في مجال تقنيات التحليل الإحصائي وأدوات الجودة إضافة إلى سهولة التعلم عليه وسعره المناسب للمنظمات الإقتصادية وللجامعات ومعاهد التدريب العربية.

تزخر المكتبة العلمية العالمية بالعديد من الكتب حول إستعمال الأساليب الإحصائية وبرامج الحاسب كالإكسل والمينيتاب في مجال تحسين الجودة، إلا أن المراجع باللغة العربية في هذا المجال تكون شبه معدومة، فسيكون الكتاب بإذن الله تعالى إضافة للمكتبة العربية لتكون عونا للدارسين في مجال إدارة الجودة الشاملة وضبط ومراقبة الجودة وللعاملين في برامج التحسين المستمر للعمليات في المنظمات العربية. نتمنى أن يكون الكتاب من المراجع العلمية على مكتب القائد العربي تعينه وتأخذ بيده في برامج التحسين المستمر للعمليات ورحلة الجودة والتميز.

الفصل الأول

الجودة والتحسين المستمر للعمليات : المفاهيم الأساسية ، والمنهجيات الحديثة والأدوات العملية

---

١ مقدمة.

٢ جولة عبر أروقة تاريخ تطور الجودة وإدارتها.

٣ ما هي الجودة؟

٤ منهجية التحسين المستمر للعمليات .

٥ ثلاثية جوران لإدارة الجودة.

٦ إدارة الجودة الشاملة.

٧ فلسفة الستة سيجما لإدارة الجودة.

٨ المواصفات القياسية الدولية لإدارة الجودة الآيزو ٩٠٠٠.

٩ الأدوات العملية لإدارة الجودة .

١٠ خلاصة الفصل.

١ مقدمة

إن ارتباط الجنس البشري بالجودة يعود إلى فجر التاريخ ولا يزال مستمرا إلى الآن، ففي المجتمعات البدائية كانت الحياة مرتبطة ارتباطا وثيقا بجودة المنتجات و"الخدمات" الطبيعية التي سخرها الله سبحانه وتعالى للإنسان في حيز معلوم من الظروف المناخية والبيئية كدرجة الحرارة والرطوبة والغذاء التي تؤثر على جودة الحياة. لذلك فمنذ ذلك التاريخ لا يزال الإنسان يعمل بكل جد لتوفير الظروف المناسبة لحياته وراحته، فبدأ بتقسيم العمل وبناء التجمعات السكنية كالقرى والمدن وتوفير المنتجات والخدمات ذات الجودة المناسبة للحياة وهذا عن طريق العمل في الزراعة، والصناعة والتجارة والتعليم والطب. إن المتأمل في التاريخ البشري يلاحظ أن الهدف لم يتغير وإنما تغيرت وسائل تحقيق هذا الهدف، فمثلا إستعمل الأباء والأجداد الأوائل العربات التي تجرها الأحصنة للتنقل عبر المدن والقرى في حين نستعمل لنفس الغرض عربات حديثة تسمى السيارات ولا ندري ماذا سيستعمل أبناؤنا في المستقبل لتنقلاتهم. إن حاجة الإنسان إلى الخدمات التعليمية والطبية مثلا لم تتغير وإنما تغيرت وسائل تحقيق هذه الحاجة، فصرنا الآن نتنافس على الجامعات العالمية المعروفة بجودة مخرجاتها كالأكسفورد والكامبرج، ونبحث عن الخدمات الطبية ذات الجودة العالية والسعر التنافسي.

ومع مطلع القرن الحادي والعشرين المتسم بالعولمة والشمولية أصبحت جودة المنتجات والخدمات حتمية مصيرية تدخل في إطار إستراتيجيات المنظمات الإنتاجية والخدمية وحتى الدول. إنه ليس من خيار أمام المنظمات إلا تقديم منتجات أو خدمات تلبي رغبات عملائها وتحقق متطلباتهم، حتى تضمن بقائها في سوق تنافسية حدتها تزداد يوما بعد يوم. لقد أصبحت الجودة عنصرا مهما في حياة الإنسان المعاصر وهي أيضا إحدى أهم مبادئ الإدارة في الوقت الحاضر بعد أن كانت الإدارة

بالماضي، تعتقد بأن نجاح المنظمة يعني تصنيع منتجات وتقديم خدمات بشكل أسرع وأرخص، ثم السعي لتصريفها في الأسواق، وتقديم خدمات لتلك المنتجات بعد بيعها من أجل تصليح العيوب الظاهرة في تلك المنتجات وصيانتها. فبفضل مبادئ الجودة تغير هذا المفهوم التقليدي واستبدل كما يقول عالم الجودة فايغنبوم (Feigenbaum, 1991) بمفهوم آخر يسمح بتصنيع المنتجات بجودة عالية مما يؤدي إلى تصنيعها بشكل أسرع وأرخص ودون الوقوع في العيوب والأخطاء. ويقول كل من العالم الياباني إيشيكاوا (Ishikawa, 1972) والعالم الأمريكي ديمنغ (Deming, 1982) "أن إنتاجية المؤسسة سترتفع إذا تحسنت الجودة لديها"، وأن "المنظمة تحقق النجاح الطويل الأمد من خلال إرضاء العميل وهذا لا يمكن تحقيقه إلا بتقديم منتجات وخدمات ذات جودة عالية". وتمثل هذه العبارة صميم فلسفة إدارة الجودة الشاملة القائمة على التحسين المستمر للعمليات.

٢ جولة عبر أروقة تاريخ تطور الجودة وإدارتها

كما تمت الإشارة إليه في مقدمة هذا الفصل فإن جذور الاهتمام بالجودة يعود إلى فجر التاريخ البشري ويعتبر العلماء بأن الحضارات القديمة مثل الحضارة الفرعونية في مصر سجلت قبل سبعة آلاف سنة الاهتمام بجودة أداء الأعمال الذي يمكن ملاحظته من خلال النقوش في المعابد والأهرامات التي ما زالت تبهرنا بأسرارها إلى حد الساعة. كما سجلت الحضارات الإنسانية التي تلت، خاصة حضارة ما بين النهرين للآشوريين، إهتماما بالجودة تجلت في آثار القصور والمعابد التي ما زالت قائمة إلى حد الساعة. كما كان للحضارة الإسلامية التي أنارت العالم لفترة زمنية تقارب ١٢ قرنا من الزمان والتي كانت النبراس الذي أنار طريق الحضارة الغربية المعاصرة، إسهامات قيمة في مجال الجودة تجلى ذلك في المستوى الحضاري والإجتماعي الراقي

العائد على الأمم والشعوب التي كانت تعيش تحت راية الخلافة الإسلامية في مدن مختلفة مثل بغداد، دمشق، قرطبة، غرناطة، فاس، وبجاية وغيرها في حين كانت العواصم الأوربية مثل باريس ولندن تعيش في ظلمة العصور الوسطى. تجلى هذا الرقي في المستوى الاجتماعي والحضاري وفي توفير المدارس والجامعات، والمستشفيات، والازدهار الصناعي والزراعي في هذه المدن الإسلامية العريقة والذي جعل الحياة البشرية فيها تتميز عما سواها من المدن في بقية العالم. ويقول عالم الجودة جوران (Juran, 2000) "إن الجودة بمفهومها المعاصر مرتبطة ارتباطا وثيقا مع مجالات حيوية للحياة البشرية مثل الصحة، والتعليم، والتغذية، والنقل، والتجارة والصناعة إلى غير ذلك من جوانب حياتنا المعاصرة".

يرجع العلماء بداية الجودة كعلم تقني إلى سنوات ١٩٢٠ حين قامت مختبرات الهاتف بيل (Bell Telephone Laboratories) في الولايات المتحدة الأمريكية بإنشاء أقسام للجودة لمراقبة جودة منتجاتها عن طريق أساليب الفحص والتفتيش (Inspection and Testing). خلال هذه الفترة قام العالم والتر شيوهارت (Walter Shewhart) بتطوير خرائط مراقبة الإنتاج (Control Charts) التي كانت الأساس لطرق المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control). كما قام العالمين دودج (Dodge) وروميج (Romig) بتطوير مفهوم عينات الفحص والقبول (Acceptance Sampling Plans) كوسيلة لفحص المنتجات عن طريق أخذ عينات من خط الإنتاج عوضا عن طريقة التفتيش الكلي التي كانت متبعة في ذلك الحين. وقد دفعت ظروف الحرب العالمية الثانية وما سبقها من استعدادات في بداية سنوات ١٩٤٠م وزارة الدفاع الأمريكية (Department of Defense) وصناعتها الحربية إلى اعتماد هذه الأساليب والطرق للتفتيش عن جودة منتجاتها ومعداتها الحربية. بدأت تظهر منذ ذلك الحين المواصفات العسكرية (Military Standards) والإرشادات (Guidelines) حول كيفية استعمال خطط الفحص والمعاينة وأساليب

المراقبة الإحصائية للعمليات. في سنة ١٩٤٦ تكونت الجمعية الأمريكية للجودة (American Society for Quality) التي عكفت على توسيع مجال استعمال تقنيات الضبط الإحصائي للجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية وهذا عن طريق عقد دورات تدريبية ومؤتمرات تجمع الصناعيين والإداريين الأمريكيين.

بينما كانت بداية حركة الجودة في اليابان في أعقاب الحرب العالمية الثانية حينما أوكلت مهمة مساعدة اليابان في إعادة إعماره ونزع الطابع العسكري للدولة للجنرال ماك أرثور (McArthur) الذي اصطحب معه إلى اليابان قرابة ٢٠٠ عالم أمريكي. وكان من بين العلماء الأمريكان الأستاذ في علم الإحصاء إدوارد ديمنج (Edward Deming) الذي قضى قبل ذلك قرابة عشر سنوات يحث الصناعيين الأمريكيين على استعمال التقنيات الإحصائية لتحسين جودة منتجاتها وتخفيض تكاليف الإنتاج ولكن دون أن يستمع إليه أحد. لقد كان ديمنج متأثرا بفكر العالم شيوهارت في منهج المراقبة الإحصائية للعمليات، وخلال عمله باليابان (١٩٥٠م) قام ديمنج بإلقاء سلسلة من المحاضرات حول استعمال الأساليب الإحصائية لمراقبة العمليات وتحسين الجودة على المهندسين الصناعيين والقادة الإداريين اليابانيين. لقد لاقت هذه الأفكار اهتماما منقطع النظير من طرف اليابانيين وقام علماؤها مثل أيماي (Imai) وكوارو إيشيكاوا (Kaoru Ishikawa) والقائمون على الصناعة اليابانية بتطوير هذه الأفكار وإحداث ثورة الجودة اليابانية أو المعجزة اليابانية (/ Japanese Quality Revolution Japanese Miracle) مع بداية الخمسينات. أهم ميزة للثورة اليابانية للجودة هي الطرح القائم على الانتقال من طريقة الفحص والتفتيش عن الجودة إلى التركيز على التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement) في مختلف مستويات المنظمة الإنتاجية. أطلق اليابانيون لقب أب الجودة اليابانية على العالم ديمنج وأقاموا له جائزة التميز في الجودة (Deming Prize) في عام ١٩٥١ والتي تمنح

للمنشأة أو المنظمة التي تقدم أحسن مستويات الجودة في منتجاتها أو خدماتها. في سنة ١٩٥٤ سافر العالم جوزيف جوران (Joseph Juran) إلى اليابان بدعوة من اتحاد العلماء والمهندسين اليابانيين (Japanese Union of Scientists and Engineers JUSE)، وهناك أكد جوران في محاضراته على أهمية دور الإدارة في تحقيق الجودة وأوضح أيضا أهمية الأبعاد الإدارية للتخطيط ومراقبة العمليات. كان لكل من ديمنج وجوران تأثيرا خاصا على اليابانيين والذي أدى بدوره إلى تطور سريع في حركة الجودة اليابانية التي أصبحت تقوم بتطوير مقاييس وتطبيقات أخرى للجودة وكنتيجة حتمية لذلك بدأت المنتجات الإلكترونية والسيارات اليابانية ذات الجودة المتعارف عليها تغزو الأسواق الأمريكية والأوربية منذ بداية الستينات.

وفي أمريكا قام العالم أرماند فايغنبوم (Armand Feigenbaum) في ١٩٥١م بطرح مفهوم الضبط الشامل للجودة (Total Quality Control) التي شكلت النواة الأساسية لمفهوم إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) التي طرحها العالم جوزيف جوران (Joseph Juran) في نفس الفترة والتي تقوم على أن إدارة الجودة وتحقيقها في المنظمات الإنتاجية والخدمية هي إحدى الوظائف الرئيسية للإدارة وأن مسؤولية الجودة هي مسؤولية كل فرد في المنظمة عكس ما كان متعارفا عليه كونها مسؤولية قسم الفحص والتفتيش فقط.

كانت للعالم الياباني كوارو إيشيكاوا إسهامات قيمة في مجال أساليب تحسين العمليات حيث كان أول من اقترح مخطط السبب والنتيجة لحل مشكلات العمليات وإجراء التحسينات عليها في سنة ١٩٦٨، كما قام في ١٩٧٢ بتطوير التقنيات السبع الأساسية للجودة المعروفة باسم الروائع السبع التي أصبحت في الوقت الراهن أهم الأدوات العملية المعتمدة في فلسفة إدارة الجودة الشاملة ومنهجية الستة سيجما (Six Sigma). ومع نهاية السبعينات وبداية الثمانينات وأمام تقدم المنتجات اليابانية في الأسواق الأمريكية ظهرت في أمريكا حركة تنادي بتحسين جودة المنتجات

الأمريكية لمنافسة المنتجات اليابانية حيث قام الكثير من الإداريين والصناعيين الأمريكيين بزيارات متعددة إلى اليابان قصد الاستفادة والتعلم من المعجزة اليابانية في الجودة، وكان لمقال العالم إدوارد ديمنج الذي تم عرضه في ١٩٨٠ م على شكل فيلم وثائقي تحت عنوان "**إذا استطاعت اليابان فلماذا لا نستطيع نحن؟**" أثرا جيدا في دفع حركة الجودة في أمريكا التي بزغت في منتصف ١٩٨٠ م والتي ساهمت في تعميم تطبيق مفاهيم إدارة الجودة الشاملة في المنظمات الانتاجية والخدمية، فقامت كبرى الشركات الصناعية الأمريكية مثل فورد (Ford) وأ.ب.م (IBM) وكزيروكس (Xerox) بتطبيق مفاهيم إدارة الجودة الشاملة (TQM) لجوران لإدارة عملياتها وتحسين جودة منتجاتها مما سمح لها باستعادة حصصها السوقية أمام منافساتها اليابانية. وفي إطار هذه الحركة وفي عام ١٩٨٧ قام وزير التجارة الأمريكي مالكوم بالدريج (Malcom Baldridge) في عهد الرئيس رونالد ريغان باعتماد جازة بالدريج الوطنية للجودة التي تمنح للمنشآت الإنتاجية أو الخدمية الأمريكية المتميزة في تقديم منتجات أو خدمات ذات جودة عالية، حيث كان الرئيس الأمريكي شخصيا هو الذي يقدم الجائزة إلى الشركة أو المنشأة الفائزة بها. ومع نهاية الثمانينات ومع تطوير منهجية الستة سيجما (Six Sigma) من طرف شركة موتورولا، عاد الاهتمام من جديد بأساليب المراقبة الإحصائية للعمليات خاصة في صناعة السيارات كما قامت وزارة الدفاع الأمريكية وكبرى الشركات الصناعية والخدمية باعتمادها كأسلوب لمراقبة عملياتها وضبط جودة منتجاتها وتحقيق عملية التحسين المستمر عليها.

مع نهاية ١٩٨٠ وبداية سنوات ١٩٩٠ عرفت حركة الجودة تقدما ملحوظا في دول أوروبا، نتج عنها إصدار سلسلة المواصفات القياسية الدولية الايزو ٩٠٠٠ لتوكيد الجودة (Quality Assurance) في المنظمات من قبل المنظمة الدولية للتقييس (International Organization for Standardization) في عام ١٩٨٧.

أصبحت هذه المواصفات المعيار الدولي التي يتم من خلاله تحديد المتطلبات الأساسية لنظم إدارة الجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية. كما كان لظهور مؤسسات جوران وديمنج للجودة الدور البارز في نشر ثقافة الجودة في الأوساط الصناعية والخدمية على المستوى العالمي وكذلك في تقديم أفكار جديدة، مثل فلسفة الستة سيجما (six sigma)، والتي ساهمت في دفع تقدم حركة الجودة وتوسيع مجالات تطبيقها في مختلف جوانب الحياة المعاصرة كالخدمات الصحية، والتعليم والتدريب، والخدمات الحكومية (Box et al., 1987, Marks, 2003, Maguad, 2006, Aichouni, 2012).

ومن هنا نلاحظ عزيزي القارئ أن مفهوم الجودة قد تطور بشكل تدريجي من فحص المنتجات للبحث عن الوحدات المعيبة حتى أصبح في الوقت الحاضر عبارة عن منهج وفلسفة إدارية شاملة تسعى لتحقيق الجودة في المنتجات والخدمات والإلتزام بها في مختلف مستويات المنظمة، وقد قسم علماء الجودة تطور حركة الجودة إلى أربعة مراحل تاريخية هي:

المرحلة الأولى : مرحلة الاهتمام بالفحص والتفتيش (Inspection & Testing).

المرحلة الثانية : مرحلة إستخدام الأساليب الإحصائية لمراقبة العمليات وضبط جودة المنتجات (Statistical Quality Control / Statistical Process Control)

المرحلة الثالثة : مرحلة ضمان وتوكيد الجودة (Quality Assurance).

المرحلة الرابعة : مرحلة إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management).

٣ ما هي الجودة؟

قبل أن نعرج على التعريف العلمي لمفهوم الجودة أود أن نراجع تصورنا كأشخاص عاديين لهذا المفهوم ونظرتنا إليه من خلال بعض جوانب الحياة المعاصرة (الجدول (١-١)).

المجال	أمثلة عن مواصفات الجودة التي نريدها في هذا المجال
الرحلات الجوية	في الموعد، مريحة، خدمات ذات جودة عالية، تكلفة مقبولة.
الخدمات الصحية	دقة التشخيص، مدة الانتظار، سعر مخفض، الأمان، السرية.
خدمات المطاعم	النظافة، الأكل طازج، سرعة التوصيل.
الاتصالات	الوضوح، الدقة، السرعة، السعر المخفض
المنتجات الصناعية	جودة التصنيع، الملائمة للاستعمال، الخلو من العيوب، الصحة، الأمان، التكلفة، خدمات ما بعد البيع.
التعليم والتدريب	ملاءمة المخرجات مع سوق العمل، توفير المعرفة في الوقت المناسب.
الخدمات البريدية	سرعة التوزيع، الدقة في التوصيل.

الجدول ١-١ أمثلة عن الجودة في بعض جوانب حياتنا اليومية

يمكن أن تلاحظ عزيزي القارئ أنه على الرغم من أن المواصفات التي نريدها في مختلف المجالات والمنتجات قد تتغير من مجال إلى آخر إلا أن هناك قاسما مشتركا بين كل هذه المجالات. إن نظرتنا للجودة يمكن تحديدها في أربعة معاملات أساسية هي: (أ) التكلفة (أو السعر)، (ب) زمن التسليم، (ت) الملائمة للإستخدام والخلو من العيوب، و (ث) رضا العميل.

قد تتفاوت درجة أهمية هذا المعامل أو ذاك مع اختلاف المجالات الإنتاجية أو الخدمية ولكن يبقى المعامل الرئيسي دائما متمثلا في رضا العميل. فمثلا قد تستقل رحلة شركة الطيران (س) من الرياض إلى الدار البيضاء بدون تأخير في موعد إقلاعها، وبتكلفة مناسبة، ويتم تقديم الخدمات المناسبة لك خلال الرحلة، فمن المؤكد أنك ستكون راضيا وبالتالي فإن حكمك على شركة الطيران سيكون مرتبطا بجودة خدماتها مما سيترتب حتما على أنك ستسافر معها مرة ثانية. وكذلك يمكن أن نرى من خلال المثال الموضح على الشكل (١-١) كيف أن نظرة العميل (مستعمل المنتج أو متلقي الخدمة) لمفهوم الجودة في نفس المنتج قد تتغير. فعلى سبيل المثال فيما يخص نظرة العميل للسيارة وما هي المواصفات المحددة لجودتها التي يرغب توفرها في هذا المنتج؟ فالرجل الاقتصادي مثلا يعتبر أن خاصية استهلاك البنزين محدد أساسي لجودة السيارة في حين أن السرعة والمرونة في القيادة والرفاهية قد لا تعتبر من الخصائص المهمة لديه. أما بالنسبة لسائق سيارات السباق فإن كل من السرعة والمرونة في القيادة خواص محددة لجودة السيارة بينما يرى رجل الأعمال أن الراحة والرفاهية هي المحددات الأساسية للجودة ونلاحظ هنا أن الجميع يتفق على أن خاصية الأمن والسلامة محددات ومواصفات أساسية وضرورية في السيارة.

المواصفات	مستعمل السيارة		
	رجل اقتصادي	سائق سيارات سباق	رجل أعمال
	0 10	0 10	0 10
استهلاك البنزين			
السرعة			
المرونة في القيادة			
الراحة و الرفاهية			
الأمن و السلامة			

الشكل ١-١ مواصفات السيارة من وجهة نظر عدة عملاء

على الرغم من الأهمية المتنامية لموضوع الجودة إلا أن تعريف هذا المصطلح لا يزال يعرف بعض الاختلافات من كاتب لآخر حسب الزاوية التي يرى منها فمنهم من ينظر إلى مفهوم الجودة من زاوية العميل، ومنهم من ينظر إليها من ناحية المنتج أو مقدم الخدمة، ومنهم من ينظر إليها من ناحية التصنيع وهكذا. ولذا فلا بد من فهم العلاقة بين هذه التعاريف وإلا قد يقع بعض اللبس في فهمها وتطبيق مبادئها. وكما ذكر (Neil and Paul, 1994) فقد قام جارفن (Garvin, 1988) بتحليل تعاريف الجودة وتصنيفها إلى خمس مجموعات أساسية هي (إسماعيل، ٢٠٠٦):

(أ) **التعريف غير المحدد** (Transcendent definition) : في هذا التعريف العام وغير المحدد تعرف الجودة بعبارات مثالية وجميلة كأن تقول "جودة هذا المنتج فائقة" أو "تعرف الجودة عندما تراها".

(ب) **التعريف القائم على المنتَج** (Product based definition) : وفقا لهذا التعريف فإن الجودة هي مجموعة من صفات وخصائص المنتج (أو الخدمة) التي يمكن قياسها وتحديدها ودراسة الاختلافات والتغيرات الموجودة فيها.

(ج) **التعريف القائم على التصنيع** (Manufacturing based definition): تعني الجودة هنا التوافق والمطابقة مع المواصفات ومتطلبات العميل وهي كذلك درجة الملائمة بين خصائص وصفات المنتج ومواصفات تصميمه، وتكون المواصفات هنا ذات علاقة بالأنشطة الإنتاجية والهندسية حيث يتم وضعها في تصميم المنتج بناءا على توقعات ومتطلبات العميل وتقاس جودة المنتج من خلال مستوى الانحراف في خصائص المنتج عن هذه المواصفات.

(د) **التعريف القائم على العميل أو المستخدم** (User based definition): تعني الجودة في هذا التعريف ملاءمة الاستخدام، أي قدرة المنتَج أو الخدمة على تحقيق رغبات ومتطلبات العميل.

(و) **التعريف القائم على القيمة** (Value based definition): من هذا المنظور فإن المنتج ذا الجودة العالية هو المنتج الذي يُعطى العميل أقصى ما يمكن مقابل ما يدفعه من تكاليف، بمعنى آخر، هو المنتَج الذي يفي باحتياجات ومتطلبات العميل بالسعر والتكلفة الأقل.

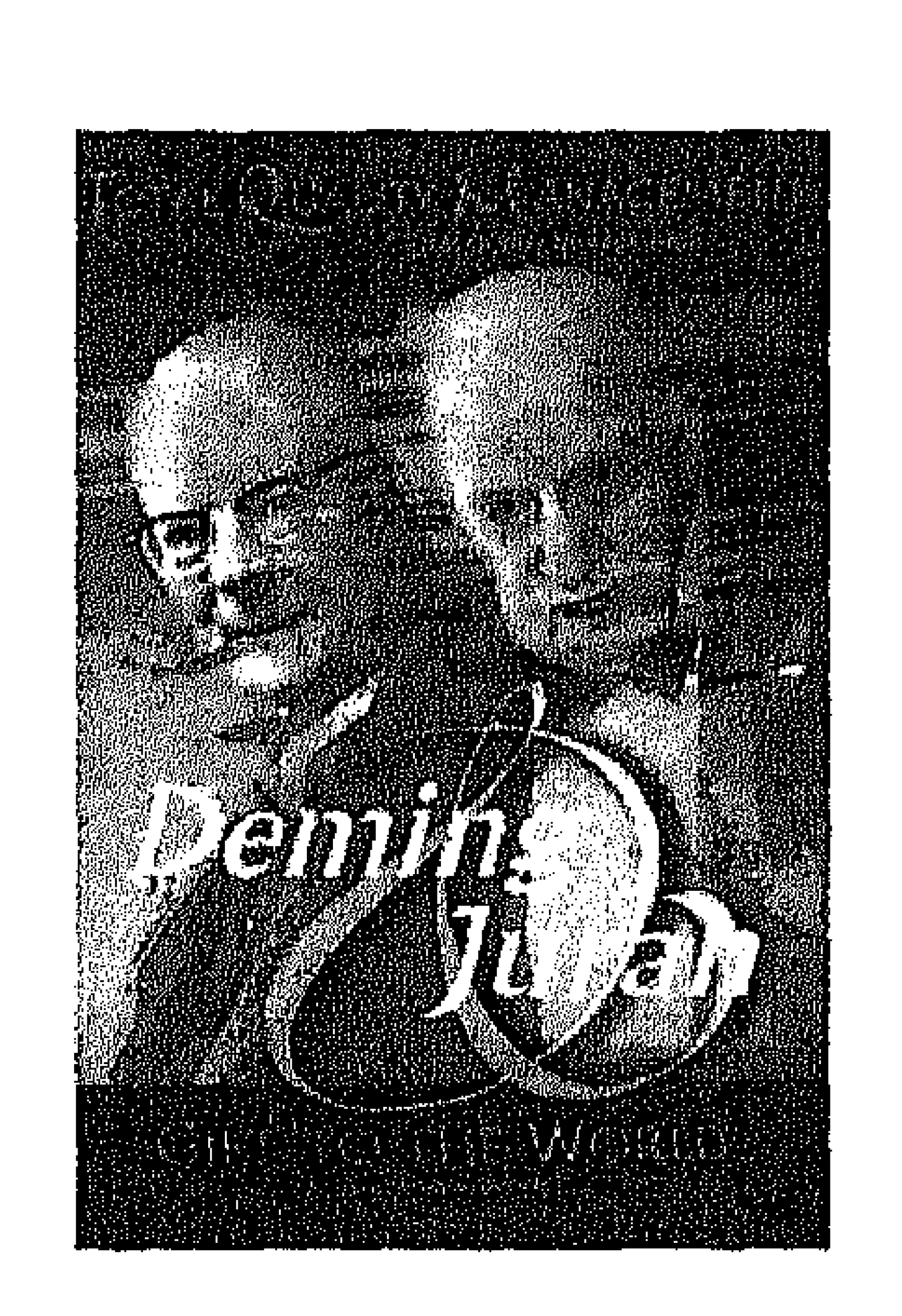
نلاحظ هنا أن التعاريف المختلفة للجودة تركز على مختلف النواحي لهذا المفهوم ولا يمكن للمنظمة أن تبني إدارتها للجودة على تعاريف مختلفة الأوجه مما قد يؤدي إلى نتائج عكسية مثل إنتاج منتج بنسب عالية من العيوب وارتفاع التكاليف وزيادة استياء العملاء. لهذا فإنه من الحكمة التركيز على تعريف موحد وشامل لهذا المفهوم الهام وهذا ما أشار إليه عالم الجودة جوران (Juran, 2000) حيث يقول إن من بين مختلف التعاريف المطروحة لمفهوم الجودة، فإن هناك تعريفين ذات أهمية خاصة لإدارة الجودة، وهي : (١) "تعني الجودة مجموع الخواص والسمات في المنتج (Product

Features) التي تفي بمتطلبات المستهلك وبالتالي تؤدي إلى رضاه. في هذا الاتجاه، تكون الجودة موجهة نحو العائدات بحيث أن رضا العميل عن جودة المنتج تؤدي إلى عائدات ربحية للمنظمة" . (٢) "تعني الجودة التحرر من العيوب والأخطاء في المنتج أو الخدمة (freedom from deficiencies). ويعني هذا التخلص من العيوب والأخطاء التي تؤدي إلى إعادة العمل (Rework)، وأخطاء في العمليات، وإرتفاع في شكاوي العملاء، وأستيائهم وعدم رضاهم".

سنبني طرحنا في كتابنا هذا على التعاريف (ب) و(ج) للجودة والقائمة على المنتج أو الخدمة وتقديمهما للعميل حسب متطلباته. هذا الطرح الذي تبناه عالم الجودة إدوارد ديمنج في فلسفته لإدارة الجودة الشاملة التي تقوم على التحسين المستمر للعمليات من خلال دراسة التغيرات والإختلافات في خصائص المنتج أو الخدمة والعمل على تقليلها في المنتجات والخدمات. نلاحظ هنا أن هذه الفلسفة والنظرة إلى الجودة هي المنهجية التي تقوم عليها المنهجيات المعاصرة لإدارة الجودة الشاملة والستة سيجما ومعايير الجودة العالمية الآيزو ٩٠٠١ ونماذج التميز.

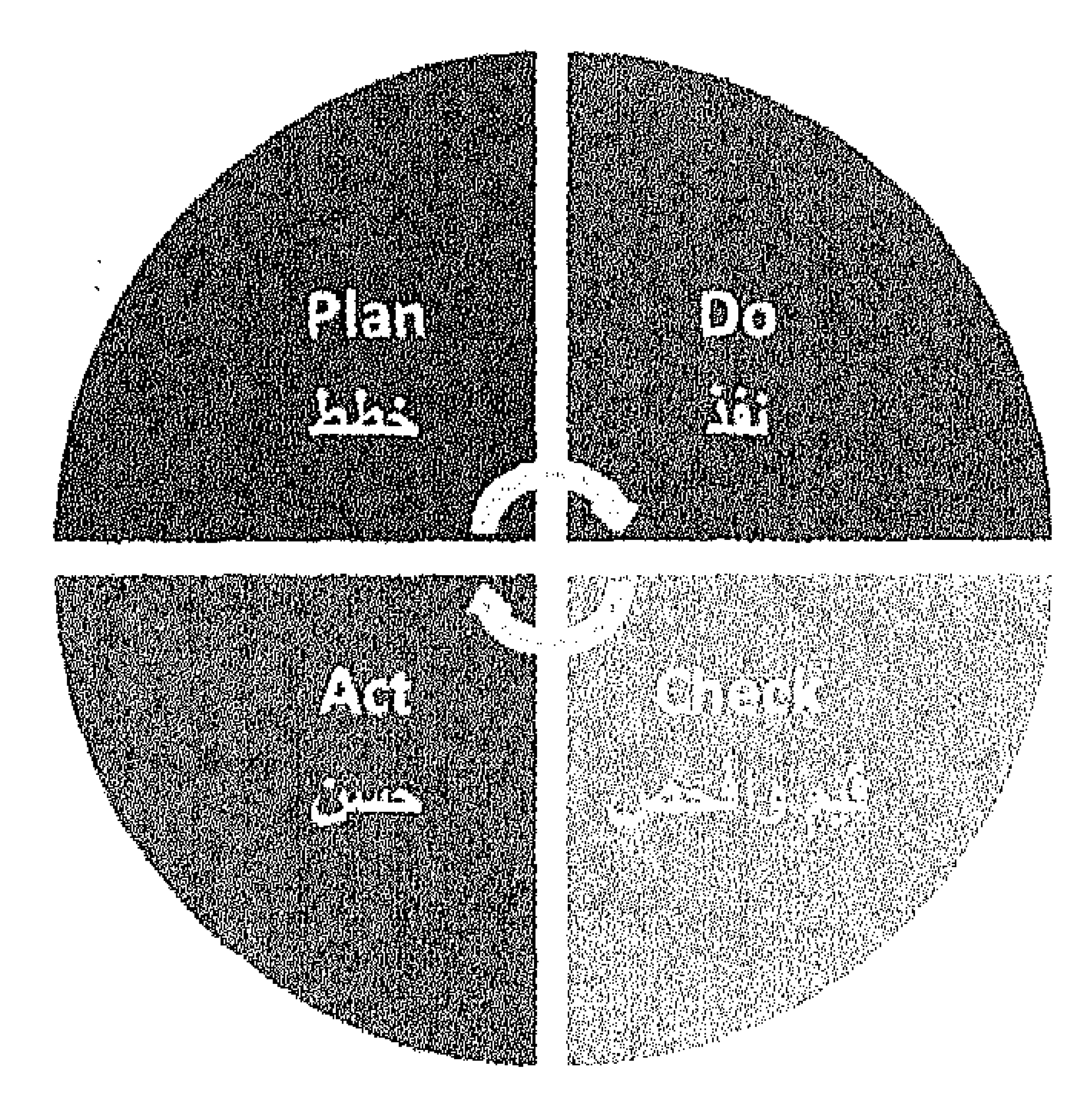
٤ منهجية التحسين المستمر للعمليات

يقول العالم العربي الأستاذ الدكتور محمد زايري في إحدى روائعه أن ديمنج وجوران هما هدية إلى العالم وهذا اعتراف لما قدمه العالمان للبشرية في مجال إدارة الجودة الشاملة والتحسين المستمر للعمليات. لقد أسهم الأول بحلقة التحسين المستمر (Deming Cycle for Quality Improvement) التي باتت قاعدة فلسفات إدارة الجودة الشاملة ومنهجيات التحسين المستمر للعمليات وكذلك معايير الأيزو ٩٠٠١:٢٠٠٨ . في حين تمثلت أهم إسهامات العالم جوران في ثلاثيته لإدارة



الجودة وإستعمال مبدأ ٢٠:٨٠ أو مبدأ باريتو في حل المشاكل والتحسين المستمر للعمليات.

بناء على أعمال قام بها العالم الإحصائي شيوهارت (Walter Shewhart) في بداية العشرينات فقد أعاد عالم الجودة إدوارد ديمنج باقتراح حلقة متتابعة للتحسين المستمر للعمليات أطلق عليها إسم "عجلة أو حلقة ديمنج للتحسين المستمر للعمليات" (PDCA Cycle or Deming Wheel) والموضحة على الشكل (١-٢).



الشكل ١-٢ حلقة ديمنج للتحسين المستمر (Deming PDCA Cycle)

تعتبر هذه الحلقة إحدى الدعامات الأساسية في إدارة الجودة الشاملة إذ من خلالها يمكن للمنظمات تحقيق تحسينات جوهرية على عملياتها مما يساهم في تحسين مستوى الجودة وتحقيق أعلى مستويات إرضاء العملاء. تقوم هذه الحلقة على أربعة خطوات أساسية هي:

- **خطط** (Plan) : الهدف في هذه المرحلة هو تخطيط ما يجب أن يفعل. بمعنى تحديد الأهداف والعمليات الضرورية لتحقيق المنتج أو الخدمة حسب المواصفات ومتطلبات العميل.
- **نفذ** (Do): يتم في هذه المرحلة تنفيذ ما تم التخطيط له.
- **قيم أو افحص** (Check): في هذه المرحلة نقوم بتقييم ودراسة النتائج المتحصل عليها من العملية وهذا بمقارنتها مع الأهداف والمواصفات.
- **حسن** (Act): بناء على نتائج التقييم نقوم بإجراء التحسينات والتعديلات على العملية أو المنتج ونعود إلى المرحلة الأولى لتعديل التخطيط ومن ثم تسير الحلقة مستمرة.

عمليا، يمر تطبيق حلقة ديمنج في تحسين العمليات بسبعة مراحل أساسية، هي:

المرحلة الأولى – تحديد الفرصة (Identify the Opportunity) : في هذه المرحلة نقوم بتحديد وترتيب الأولويات لفرص التحسين. وكذلك تحديد المشاكل التي يجب أن تحل لتحسين العملية. تستعمل في هذه المرحلة مجموعة من تقنيات الجودة خاصة الأدوات السبع الأساسية للجودة التي قام العالم الياباني كوارو إيشيكاوا بطرحها في ١٩٧٢ والتي ستشكل المحور الأساس لهذا الكتاب.

المرحلة الثانية – تحليل العمليات الحالية (Analyze Current Processes): الهدف في هذه المرحلة هو تحديد الأداء الحالي للعملية وهذا بتحديد الأنشطة الرئيسة في العملية، تحديد حدود العملية، تحديد مخرجاتها، الزبائن ، المدخلات والممونين وتدفق العمليات. ولكي يتم قياس مدى تطابق خصائص مخرجات العملية مع توقعات ورغبات العميل وقياس درجة رضا العملاء، يتم جمع بيانات عن العملية وتحليلها.

المرحلة الثالثة : تطوير أنسب الحلول (Develop Optimal Solutions) : وهذا بالبحث عن أحسن الحلول التي يتفق الجميع على أنها تؤدي إلى تحسين العملية والرفع من مستوى جودة مخرجاتها.

المرحلة الرابعة – تنفيذ التغيرات (Implement Changes) : بعد أن تم الوصول إلى أحسن الحلول تأتي مرحلة تنفيذ هذه الحلول على واقع العملية ويقوم الفريق العامل على تحسين العملية بالعمل على وضع خطة لتنفيذ التحسينات على العملية والبدء بتنفيذها.

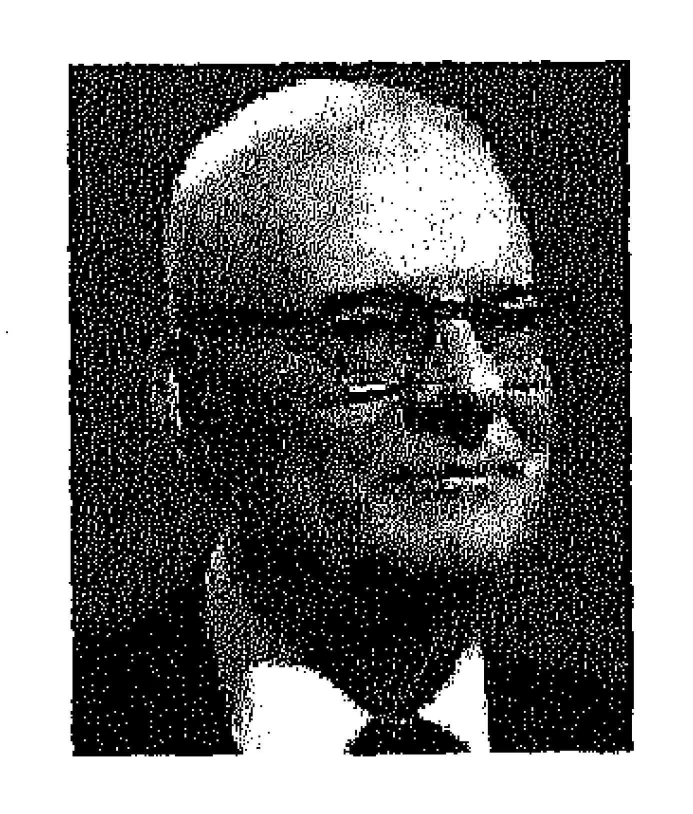
المرحلة الخامسة – دراسة وتقييم النتائج (Study and Evaluate the Results) الهدف من هذه المرحلة هو تقييم التحسينات التي أجريت على العملية وهذا عن طريق مراقبة العملية وتغيرات خصائص المنتج فيها. يتم جمع البيانات عن العملية وتحليلها من أجل تقييم التطور الناتج عن التحسينات المدخلة على العملية.

المرحلة السادسة – تنميط وتأسيس الحلول المعيارية (Standardize the Solution) : بعد أن نتأكد من أن التحسينات المدرجة في العملية أدت إلى النتائج المتوقعة وإلى تحسين في مستوى جودة المخرجات، نقوم بتدوين هذه الحلول وجعلها حلولا معيارية. كما يجب أن تبقى العملية خلال هذه الفترة تحت المراقبة، كما نقوم بإجراء تحسينات بصفة دورية حتى يتم تحقيق عملية التحسين المستمر.

المرحلة السابعة – التخطيط للمستقبل (Plan for the future) : تهدف هذه المرحلة إلى التحقيق الدائم والمستمر لأعلى مستويات الأداء للعملية. فبغض النظر عن التحسينات المهمة التي تم الحصول عليها في المراحل السابقة ولكن يجب أن يكون التحسين في العملية مستمرا بحيث تبحث دائما عما هو أفضل، وهذا لأن توقعات العميل التي تعتبر الغاية من وراء عملية التحسين، في تغير مستمر. ولهذا فيجب أن يكون التركيز قويا على عملية التخطيط المستقبلي للجودة.

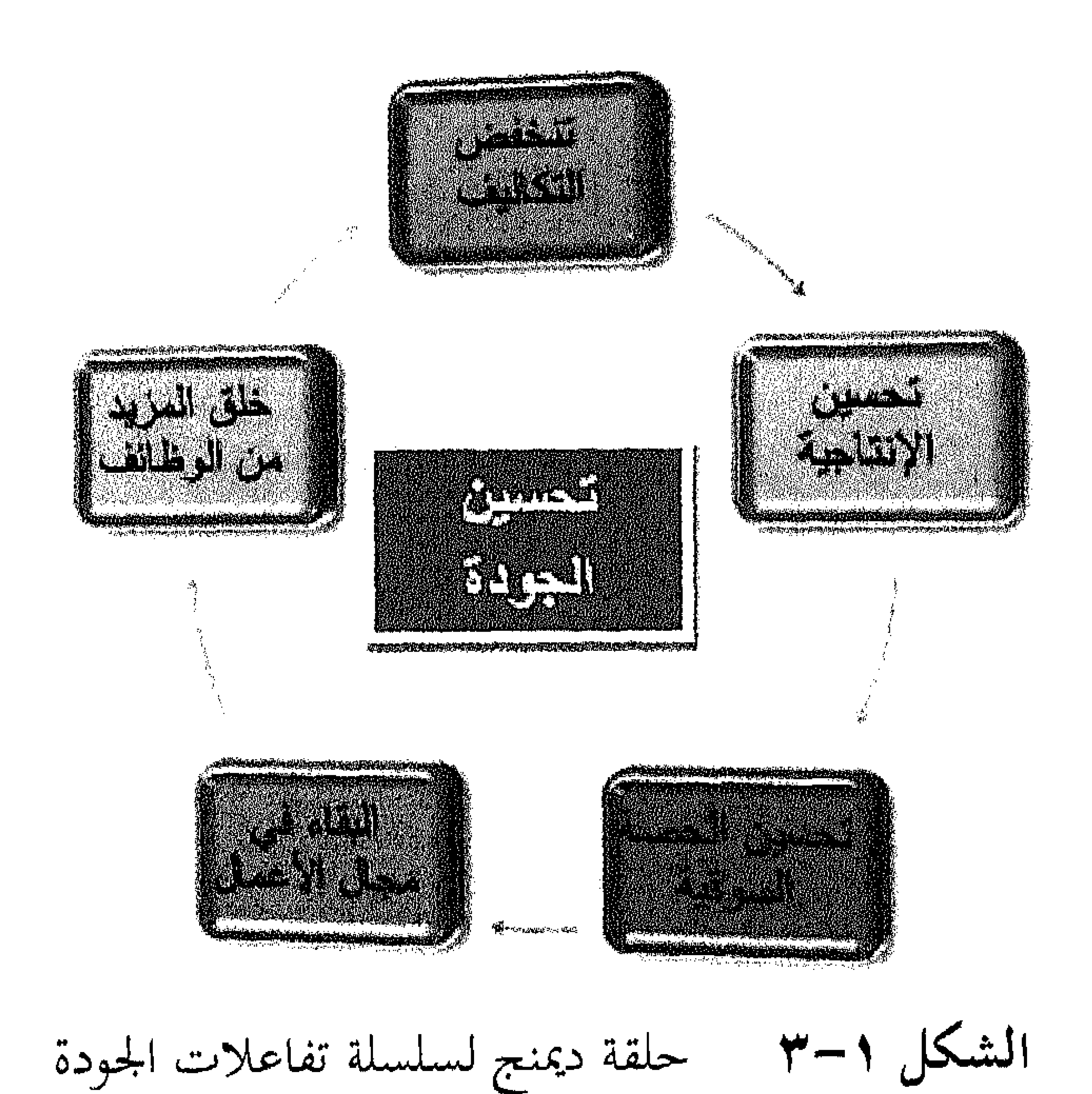
وتعتبر حلقة ديمنج للتحسين المستمر (PDCA or Deming Cycle) الإطار الإستراتيجي لإدارة الجودة الشاملة ونماذج التميز المؤسسي وتطبيقها في المنظمات الإنتاجية والخدمية. أما في فلسفة الستة سيجما (Six Sigma) المقترحة من طرف الشركة العالمية موتورولا فيطلق عليها حلقة (DMAIC: Define-Measure-Analyze-Improve-Check).

تقوم عملية التحسين المستمر للعمليات حسب منهجية ديمنج على العمل على التقليل من التغيرات والانحرافات وإزالة الأسباب المؤدية إلى حدوثها من العملية وهذا من خلال الدراسة والفهم بإستعمال الأدوات المناسبة. وهذا ما تعلمه اليابانيون أنفسهم من دروس عالم الجودة إدوارد ديمنج الذي كان يؤكد على أن أحد المشاكل الأساسية لدى الكثير من القيادات هو عدم فهم الانحرافات والإختلافات التي تقع داخل العملية حيث يعتبر هذه الاختلافات مرضا قاتلا يهدد المنظمات الاقتصادية ويتوجب عليها فهمها ودراستها باستعمال أدوات الجودة المناسبة ومن ثم علاجها. يؤكد العالم ديمنج أنه عندما تحسن المنظمة في عملياتها وفي جودة مخرجاتها من منتجات وخدمات، فإن العائد سيكون انخفاضا في التكاليف وتحسينا في الانتاجية وهذا ما يتيح للشركة تحسين حصتها السوقية، والبقاء في مجال الأعمال التجارية ، وبالتالي خلق المزيد من الوظائف. وهذا ما عبر عنه في حلقة ديمنج لسلسلة تفاعلات الجودة (الشكل ١-٣).



"Variation is a disease that threatens all Organizations;
The central problem in management and leadership is failure to understand the information in variation".
"What is the variation trying to tell us about a process, about the people in the process?"

Edwards Deming *(Out of the Crisis, 1982)*



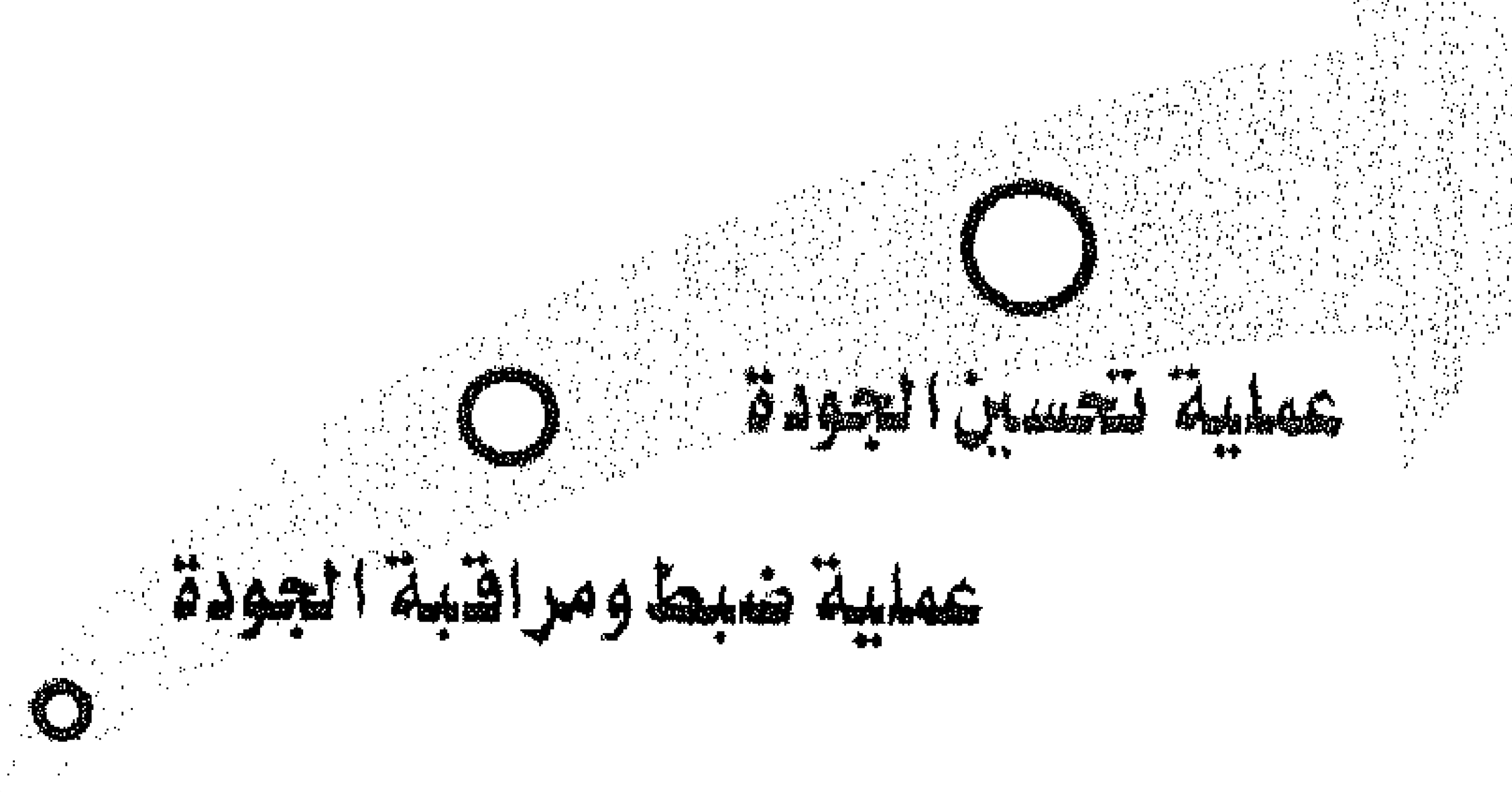
الشكل ١-٣ حلقة ديمنج لسلسلة تفاعلات الجودة

٥ ثلاثية جوران لإدارة الجودة : (Juran Trilogy)

لتحقيق الجودة في منتجاتها وخدماتها على المنظمات الإنتاجية والخدمية أن تكون لها خطة إستراتيجية (Strategic Plan) تحتوي على رؤية واضحة (Vision)

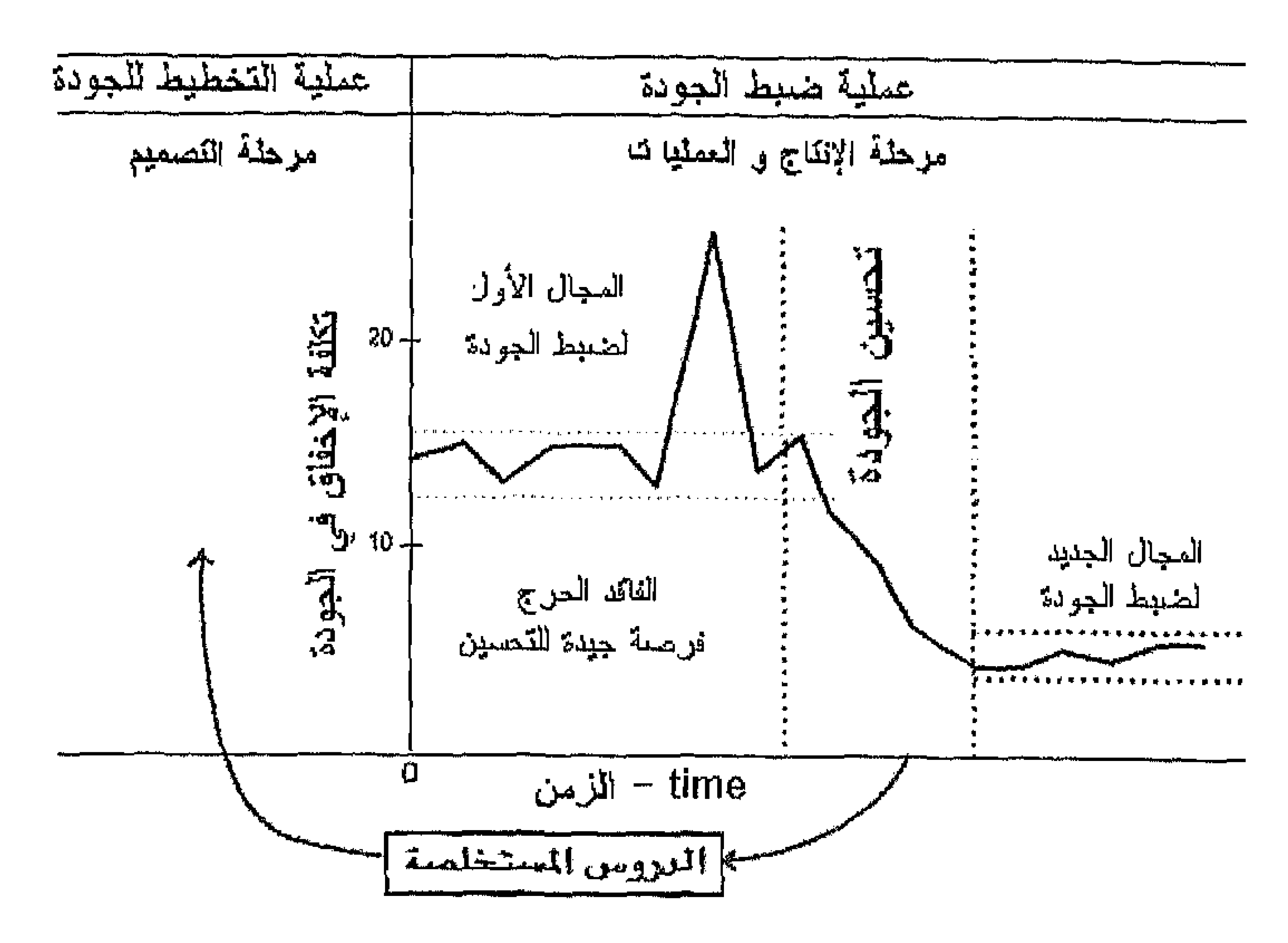
ورسالة (Mission) وأهداف محددة بدقة (Objectives) تنصب كلها حول تحقيق الجودة في المنتج أو الخدمة كما يتوقعها العميل. إن تحويل هذه الأهداف إلى نتائج ملموسة، أي جعل الجودة تتحقق في المنتج، يتم عن طريق اعتماد عمليات إدارية ذات طابع شمولي وعملي. هذه العمليات تنطوي تحت مسمى ثلاثية جوران (Juran Trilogy) هي:

- **عملية التخطيط للجودة** (Quality Planning Process)
- **عملية ضبط الجودة** (Quality Control)
- **عملية تحسين الجودة** (Quality Improvement)



الشكل ١-٥ العمليات الأساسية في ثلاثة جوران لإدارة الجودة

يوضح الشكل (١-٦) مخطط ثلاثية جوران الذي يعتبر طريقة عالمية رائدة في إدارة الجودة التي تبنتها كبرى الشركات العالمية في مختلف المجالات الإنتاجية والخدمية.



الشكل ١-٦ مخطط ثلاثية جوران – الطريقة الشاملة لإدارة الجودة في المنظمات
(Juran Trilogy Diagram), Juran`s Quality Handbook, 2000, p. 2.7

يوضح مخطط ثلاثية جوران تغيرات الخصائص التي تؤثر على جودة المنتج أو الخدمة خلال الزمن والتي من خلالها يمكن للمنظمة قياس أدائها في تحقيق متطلبات ورغبات عملائها ومستهلكي منتجاتها. قد تكون هذه المعاملات تكاليف الإخفاق في الجودة، أو نسبة العيوب في المنتج، أو عدد العيوب أو نسبة الأخطاء إلى غير ذلك. يمثل هذا المخطط التسلسل المنطقي للعمليات الثلاث في إدارة الجودة والمتمثلة في عملية التخطيط للجودة، وضبط الجودة ، وتحسين الجودة ، ويمكن تفصيلها كما يلي:

(أ) **عملية التخطيط للجودة** (QP) : تتزامن عملية التخطيط للجودة مع مرحلة التصميم، إذ تقوم إدارة المنظمة بتحديد من هم العملاء وما هي احتياجاتهم ومتطلباتهم في المنتج أو الخدمة ثم تقوم بعد ذلك بتصميم المنتج وكذلك تخطيط العمليات الكفيلة بتحقيق المنتج. يكون من المنطقي جدا أن نقوم بدراسة مقدرة العمليات الإنتاجية (Process capability analysis) على تحقيق مواصفات المنتج

التي توضع في تصاميم المنتج. تسلم بعد ذلك التصاميم إلى قسم العمليات للشروع في عمليات الإنتاج.

(ب) **عملية ضبط الجودة** (QC) : مع سير العمليات الإنتاجية (أو الخدمية) من الطبيعي أن نلاحظ أن العمليات قد تكون غير قادرة على تحقيق الجودة في المنتج بنسبة ١٠٠% من أول مرة وإنما تنتج نسب متزايدة من المنتج المعيب وهذا ما يسمى بالفاقد الحرج (Chronic waste) ويتم تحديد هذه الحالة عن طريق مراقبة العمليات (Process Control) باستعمال تقنيات ضبط الجودة التي تبدأ بتحديد خصائص المنتج التي نريد مراقبتها، وإجراء عمليات القياس على هذه الخصائص، وتحديد مقاييس الأداء ثم مقارنة هذه الأخيرة مع مواصفات المنتج واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة في حالة الانحرافات.

(ج) **عملية تحسين الجودة** (QI) : إن ظهور الفاقد الحرج في المرحلة الثانية (المرحلة الأولى لضبط الجودة) يؤدي بنا إلى التركيز أكثر عليه عن طريق مراقبة العملية وذلك بقصد تحديد الأسباب المؤدية إليه وبحث طرق وسبل التقليل منه. ويعتبر هذا بحد ذاته فرصة جيدة للمنظمة بأن تنطلق في عملية تحسين الجودة حيث يقوم الفريق القائم على العملية بالبحث عن الأنشطة والعمليات الفرعية التي يمكن إجراء التحسينات عليها وكذلك بحث أسباب الانحرافات والعيوب في المنتج أو الخدمة وإتباع الطرق العلمية لحلها والتخلص منها. تتزامن هذه العملية مع عملية تغذية عكسية إذ يزود قسم التصميم بالدروس المستخلصة من عملية التحسين وهذا لتعديل التصاميم مما يساعد إيجابا في الرفع من مستوى جودة المنتج أو الخدمة وبالتالي تخفيض تكاليف الإخفاق ونسبة المعيب والأخطاء.

٦ إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management - TQM)

يعتبر العالم أرماند فايغنبوم (Armand V. Feigenbaum) أول من طرح مفهوم الجودة الشاملة عام ١٩٥١ في كتابه (Total Quality Control) حيث عرف الجودة الشاملة (Total Quality) بأنها "نظام شامل ومتكامل بواسطته يمكن تجميع عمل جميع الوحدات المختلفة داخل المنظمة التي تعمل في مجالات تطوير الجودة وتحسينها لضمان إنتاج المنتج بدرجة مناسبة من الجودة ترضي رغبات المستهلك وبأقل التكاليف". ويعتبر اليابانيون أول من بادر بتطبيق مبادئ إدارة الجودة الشاملة التي قام كل من ديمنج وجوران بعرضها وتقديمها لهم خلال سنوات الخمسينيات. بدأ الاهتمام بمبادئ إدارة الجودة الشاملة في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا خلال سنوات الثمانينات (١٩٨٠) كنتيجة لتقدم الصناعات اليابانية وغزو منتجاتها للأسواق الأمريكية والأوربية وقد توج هذا الاهتمام بإصدار المواصفات القياسية الأيزو ٩٠٠٠ الخاصة بإدارة الجودة في سنة ١٩٨٧ وجائزة مالكوم بالدريج الأمريكية للتميز المؤسسي في نفس السنة.

لقد تعددت تعاريف إدارة الجودة الشاملة من كاتب إلى آخر، فهناك من يعرفها بأنها إستراتيجية تنظيمية قائمة على مجموعة من الأساليب الإدارية والتقنية تؤدي إلى تسليم منتجات أو خدمات ذات جودة عالية إلى العميل (Juran, 2000) وأن أساس هذا النهج الإداري الشامل الذي يهدف إلى تحقيق رضا العميل (الداخلي والخارجي) يشمل ثلاثة عناصر أساسية هي:

- **التركيز على العميل** (Customer focus).
- **التحسين المستمر للعمليات** (Continuous Process Improvement).
- مشاركة جميع العاملين والاستخدام الأمثل للموارد من خلال العمل بمفهوم **قيمة كل مشارك** (The Value of every associate) في المنظمة.

وقد عرفها (Besterfield, 1998) على أنها "عملية التحسين المستمر في كل نشاط من أنشطة المنظمة وذلك من خلال الإدارة التي تهتم وتركز على التحسين المستمر واستعمال الأفراد المهرة واستخدام فرق العمل والأساليب العملية المحسنة والناجحة". وتعرف أيضا "بأنها شكل تعاوني لأداء العمل يعتمد على القدرات المشتركة لكل من الإدارة العليا والعاملين بهدف تحسين وزيادة الإنتاجية بصفة مستمرة من خلال فرق العمل" (Garvin, 1988).

إن إدارة الجودة الشاملة هي تضافر كل الجهود داخل المنشأة الإنتاجية أو الخدمية بهدف تحسين الأداء تحسينا مستمرا يؤدي إلى إرضاء العميل وبالتالي فهي الوظيفة الشاملة للإدارة التي يمكن من خلالها تحديد وتنفيذ سياسة الجودة من خلال مجموع النشاطات المتناسقة بشكل تعاوني لإدارة ومراقبة أداء المنظمة بهدف تحقيق الجودة، وهي أيضا إستراتيجية تنظيمية تستعمل مجموعة من الأساليب الإدارية والأدوات التقنية بهدف تقديم منتجات وخدمات ذات جودة عالية إلى العملاء (الدرادكة وآخرون، ٢٠٠١).

وحسب العالم جوزيف جوران (Juran, 2000) فإن مفهوم الإدارة الشاملة للجودة يقوم على ثلاثة مفاهيم أساسية هي:

- **التركيز على العميل** (Customer focus) : وهو المفهوم الأساسي في نظام إدارة الجودة، إذ أن العميل هو سبب وجود أي منظمة أو منشأة التي تسعى من خلال عملياتها إلى تقديم منتجاتها أو خدماتها له حسب رغباته وتوقعاته.
- **عملية التحسين المستمر** (Continuous improvement) : هي إحدى العمليات الأساسية في ثلاثية جوران لإدارة الجودة.

- **قيمة كل مشارك** (Value of every Associate) : تكمن قوة المنظمات في الأشخاص الذين يعملون لديها ويعتبر العامل هو مصدر الأفكار التطورية والمقترحات التي تساهم في حل مشكلات الجودة وتحسينها إذا تم تزويده بالأدوات والمهارات المناسبة. لقد قام اليابانيون منذ ١٩٦٠ بتطوير فرق أو حلقات الجودة (Quality Circles) وتدريب أعضائها على تقنيات الجودة والتي تساهم من خلالها في اقتراح التحسينات المناسبة في العمليات قصد تحسين الجودة. ففي عام ١٩٩١ ومن خلال فرق الجودة تحصلت شركة تويوتا على ٤.٠٠٠.٠٠٠ فكرة تطويرية من ٨٠.٠٠٠ عامل لديها أي بمعدل ٥٠ فكرة تطويرية لكل عامل واحد في السنة (*Juran, 2000, p. 14-7*).

لإدارة الجودة الشاملة ثلاثة مداخل أساسية تعود إلى العلماء الذين نظروا لهذه المداخل والاستراتيجيات وتتمثل في مدخل ديمنج (Edwards Deming Approach)، ومدخل جوران (Joseph Juran)، ومدخل كروسبي (Philip Crosby). نلاحظ هنا أن الكثير من المنظمات العالمية حققت نجاحات باهرة في أعمالها بتطبيق منهجية الجودة الشاملة وفق هذا المدخل أو ذاك وعلى أهمية المداخل الثلاث وفعاليتها إلا أن تركيزنا في هذا الكتاب سيكون على مدخل إدوارد ديمنج لإيمان المؤلف بأن هذا المدخل هو الأقوى والأقرب إلى الواقع العملي والتطبيقي في واقع المنظمات العربية وهذا بناء على نجاح المنهجية في بيئات مختلفة مثل البيئة اليابانية والأمريكية والأوروبية وحديثا في الهند والبرازيل ولما لا في البيئة العربية.

يقوم مدخل ديمنج على التركيز على استعمال الأساليب الإحصائية في عمليات التحسين المستمر للعمليات وتحديد أسباب الانحرافات والإختلافات. يرى ديمنج أن ٩٤% من مشاكل الجودة تعود إلى مسؤولية الإدارة لهذا بنى فلسفته لإدارة الجودة

على النقاط الأربعة عشر (Deming's 14 Points) التي تعتبر خطة لإدارة الجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية في شتى القطاعات العمومية والخاصة. تتمثل هذه النقاط في:

١. وضع هدف ثابت لتحسين المنتج والخدمة (Create constancy of purpose for improvement of product and service)

٢. إتباع فلسفة جديدة (Adopt a new philosophy)

٣. التوقف عن الاعتماد على التفتيش لتحقيق الجودة (Cease dependence on inspection to achieve quality)

٤. إنهاء الاعتماد عن اختيار الموردين على أساس السعر فقط (End the practice of awarding business on the basis of price tag alone)

٥. حسن باستمرار عمليات تقديم المنتج والخدمة (Improve constantly and forever the system of production and service)

٦. تأصيل عملية التدريب (Institute the training)

٧. غرس روح القيادة (Institute leadership)

٨. إبعاد الخوف عن العاملين وخلق المناخ المحفز (Drive out fear)

٩. إزالة الحواجز بين الأقسام والإدارات في المنظمة (Break down barriers between departments)

١٠. التخلي عن الشعارات (Eliminate slogans)

١١. القضاء على معايير العمل التي ترتكز على الحصص الكمية (Eliminate work standards based on quotas)

١٢. القضاء على الحوافز التي تمنع الاعتزاز بقيمة العمل (remove barriers that rob pride to workmanship)

١٣. تأسيس برامج قوية للتعليم والتدريب والتطوير الذاتي للعمال (Institute vigorous program for self improvement)

١٤. خلق الهياكل الإدارية التي تمكن الجميع من تحقيق التحول (Transformation is every body`s job).

للملاحظة فإن جوزيف جوران يركز في إدارة الجودة الشاملة على الأبعاد الإدارية لعمليات التخطيط والتنظيم والرقابة وأهمية التأكيد على مسئولية الإدارة في تحقيق الجودة وضرورة وضع الأهداف عبر ثلاثيته لإدارة الجودة (التخطيط للجودة، ضبط الجودة، تحسين الجودة). يقوم هذا المدخل على الخطوات العشر لتحسين الجودة لجوران (Juran`s 10 Steps to improve quality). في حين يقوم مدخل كروسبي على الالتزام الكلي للإدارة العليا بمبادئ الجودة والعمل على تحقيق مبدأ "**إفعله صحيحا منذ المرة الأولى** (Do it right the first time)" وتحقيق هدف "**المعيب الصفري** (Zero defects)". يركز كروسبي في فلسفته لإدارة الجودة على الدوافع وعمليات التخطيط أكثر من أساليب رقابة العمليات وحل المشاكل وهذا من خلال النقاط الأربع عشرة لكروسبي (Crosby`s 14 Points for Quality Management).

٧ فلسفة الستة سيجما لإدارة الجودة (Six Sigma)

يعد مفهوم "الستة سيجما" أو "الحيود الستة" أحد أشهر الإستراتيجيات الإدارية المعاصرة في فلسفة التحسين المستمر للعمليات حيث يعتبرها البعض صورة مطورة لإدارة الجودة الشاملة (TQM) (Green, 2006). تقوم هذه الإستراتيجية على المراقبة الإحصائية لجميع العمليات الإدارية والمالية والفنية في المنظمة، وتتميز عن باقي الأدوات العلمية الأخرى للإدارة بالتحليل الإحصائي الدقيق، وإتباع الطريقة النظامية لحل المشاكل، والتحديد الدقيق للأسباب الجذرية التي تؤدي إلى التباين والاختلافات في خصائص الجودة، وإعادة تعريف العمليات من أجل الحصول على نتائج مادية مرضية على المدى البعيد.

ويرجع هذا المفهوم إلى عالم الجودة كروسبي (Crosby) الذي طرحه في كتابه الشهير (Quality is free) سنة ١٩٧٩ وقد قامت بتبنيه شركة موتورولا (Motorolla) لتحسين جودة منتجاتها الإلكترونية واستعادة حصصها السوقية أمام منافساتها اليابانية. وقد حقق هذا المفهوم خلال الثمانينات والتسعينات انتشاراً واسعاً وبدأت كبرى الشركات العالمية مثل تكساس انسترومنت (Texas Instruments)، وألايد سيجنال (Allied Signal)وجنرال إلكتريك (General Electric) وبنك أمريكا (Bank of America) بتبنيه وتطبيقه على إجراءاتها الإدارية والإنتاجية والخدمية المختلفة.

هناك أكثر من تعريف لهذه الفلسفة، فجميعها قائم على وجهات نظر وزوايا مختلفة لقضية التباين والاختلافات في خصائص جودة المنتجات أو الخدمات. لهذا فقد وردت عدة تعاريف لهذه الفلسفة نذكر منها ما وضحها خالد بن سعيد (٢٠٠٤): "حسب شركة موتورولا، فإن الستة سيجما هي برنامج لتحسين الجودة من خلال الوصول لهدف تقليل وتخفيض عدد العيوب ليصل إلى نسبة ٣.٤ وحدة في مليون فرصة". في هذا التعريف فإن الستة سيجما هي مقياس إحصائي يشير إلى

نسبة ٣.٤ وحدة معيبة في كل مليون وحدة منتجة (3.4 DPMO) وهذا يعني تحقيق دقة أداء تعادل ٩٩.٩٩٩٦٦%. نلاحظ هنا عزيزي الدارس أن السيجما (σ) تمثل المعامل الإحصائي الذي يقيس مدى التشتت والتباين الحاصل في العملية وهذا ما سنتطرق إليه بإذن الله في الفصل الثالث من هذا الكتاب عندما نقوم بعرض الأساليب الإحصائية في ضبط الجودة.

حسب الباحثين (Cross, 1989) و(Arthur, 2004) فإن الستة سيجما هي "إستراتيجية تنظيمية لتحسين العملية يتم استخدامها من أجل تحسين ربحية المنشأة، والتخلص من الإنتاج المعيب والفاقد، وتقليل تكاليف الإخفاق في الجودة ، وتحسين فاعلية العمليات بما يلبي احتياجات وتوقعات العملاء ويؤدي إلى تجاوز هذه الاحتياجات".

تعتبر إستراتيجية الستة سيجما فلسفة إدارية مطورة لإدارة الجودة الشاملة (TQM) تهدف إلى الارتقاء بمستويات المنشآت الإنتاجية والخدمية في جميع النواحي المالية والإدارية والفنية وهذا عن طريق تخفيض عنصرين أساسين يؤثران تأثيرا سلبيا على جودة العمليات وهما العيوب (defects) والتأخر في تسليم المنتجات أو الخدمات (delays) (Arthur, 2004).

حسب الباحثين (Pande et al. 2000) فإن الستة سيجما تقوم على المبادئ الأساسية التالية:

١. التركيز على العملاء (Customer Focus)
٢. إدارة العملية واتخاذ القرارات بناء على الحقائق والبيانات (Data and Facts driven management)
٣. التركيز على العمليات والإدارة والتحسين المستمر (Process focus, management and Improvement)

٤. الإدارة الفعالة المبنية على التخطيط الاستراتيجي المسبق (Proactive management).

٥. التعاون غير المحدود بين جميع العاملين في المنشأة (Boundary-less Collaboration).

٦. التخطيط والعمل لبلوغ المثالية (Drive for perfection).

تقوم حلقة التحسين المستمر في إستراتيجية السيجما ستة (**6σ**) على نموذج (DMAIC) الذي يحتوي على خمسة مراحل أساسية كما هو موضح على الشكل (١-٧) وهي:

- **مرحلة تعريف وتحديد المشكل** (Define)
- **مرحلة القياس** (Measure)
- **مرحلة التحليل** (Analyze)
- **مرحلة التحسين** (Improve)
- **مرحلة المراقبة** (Control)



الشكل ١-٧ نموذج (DMAIC) للتحسين المستمر في فلسفة الستة سيجما

هناك العديد من الكتابات عن فلسفة الستة سيجما وتطبيقاتها في المجالات الإنتاجية والخدمية Green (2006), Wheat et al. (2003), Arthur (2004) (Levine(2006), Handerson (2011) ولعل من أجمل ما قرأت في المكتبة العربية عن هذه الفلسفة الكتاب المرجع للأستاذ الدكتور خالد بن سعيد (٢٠٠٤) والكتاب المترجم للأستاذ الدكتور محمد يوسف (٢٠٠٧).

٨ المواصفات القياسية الدولية لإدارة الجودة الآيزو ٩٠٠٠

تتكون المواصفات القياسية الدولية الآيزو ٩٠٠٠ : ٢٠٠٨ من ثلاث مواصفات أساسية خاصة بإدارة وتوكيد الجودة، هي:

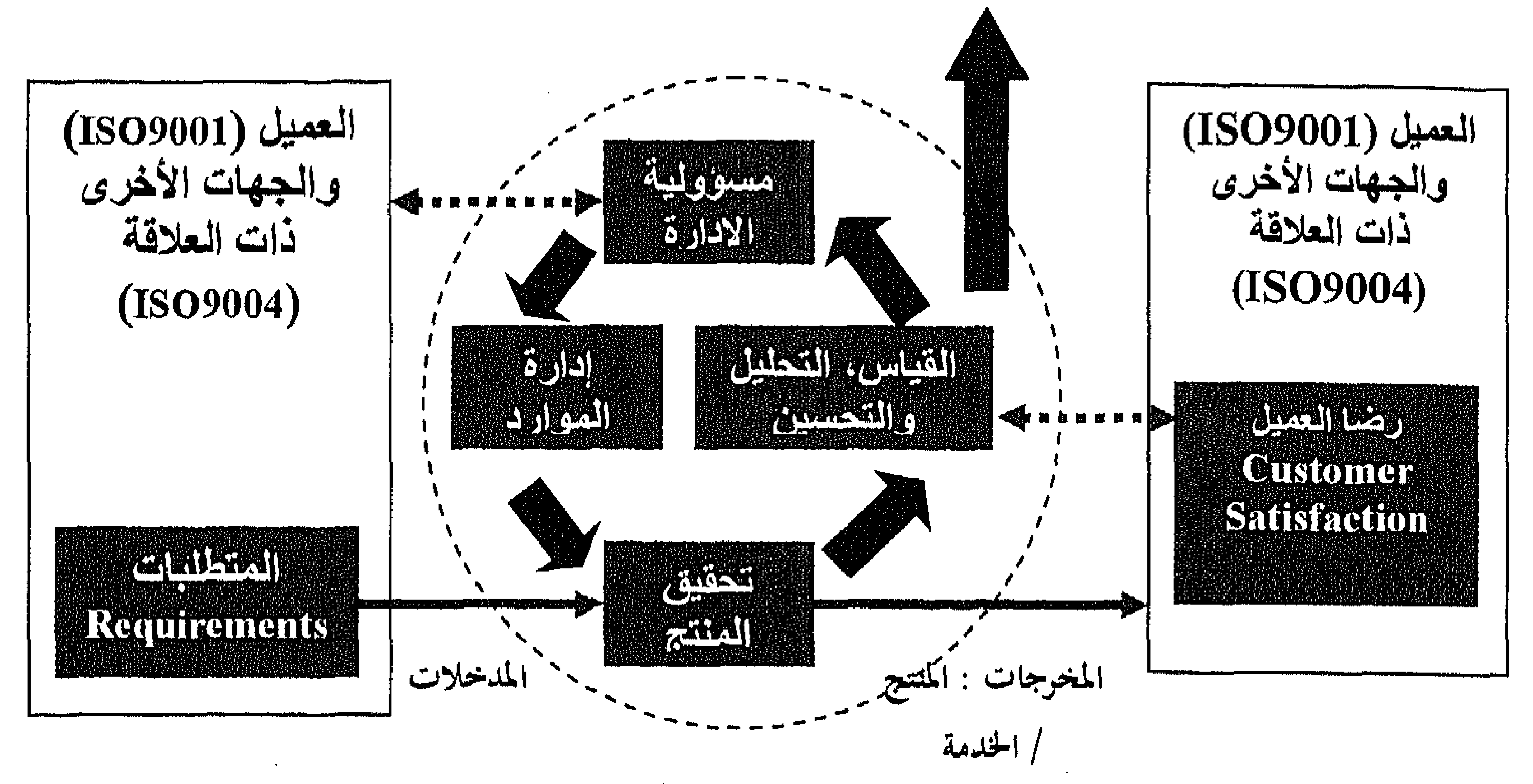
- **مواصفة الأيزو٢٠٠٨:٩٠٠٠** : الخاصة بالأسس والمفردات (Terms and Definitions) وهي تصف المفاهيم والمصطلحات الأساسية المتعلقة بنظام إدارة الجودة ومعايير ضمان الجودة.

- **مواصـــفة الآيـــزو ٩٠٠١ : ٢٠٠٨** : وهـــي تخـــص المتطلبـــات (Requirements) وتصف متطلبات نظام إدارة الجودة وتركز على العمليات لضمان تقديم المنتج أو الخدمة بما يفي بحاجات العميل ويحقق رضاه.
- **مواصفة الآيزو ٩٠٠٤ : ٢٠٠٨** : وتخص نظم إدارة الجودة (Quality Management Systems) وتقـــدم الإرشـــادات لتحـــسين الأداء (Guidelines for performance improvements).

٨-١ بنود ومتطلبات الآيزو ٩٠٠١

تقوم سلسلة الآيزو ٩٠٠٠ على مدخل العمليات في المنظمات ومفاهيم إدارة الجـودة الـشاملة بهـدف تحقيـق متطلبـات العمــلاء للمنظمـة مـن خـلال تطبيـق فلـسفة التحـسين المـستمر للعمليـات القائمـة علـى حلقـة ديمـنج. وتتكـون الآيـزو ٩٠٠١ :٢٠٠٨ مـن ثمانيـة بنـود، حيـث خصـصت البنـود الثلاثـة الأولى للتعريـف بالمواصفة في حين تبين البنود الخمسة المتبقية كيفية تطبيق هذه المواصفة حيث تعتبر عناصر ومتطلبات أساسية لنظام الجودة، وهي كما هو موضح على الشكل (١-٨):

١. المدخل والهدف (Scope)
٢. المرجعيات النظامية (Normative References)
٣. المصطلحات والتعاريف (Terms and Definitions)
٤. نظام إدارة الجودة (Quality management system)
٥. مسؤولية الإدارة (Management Responsibility)
٦. إدارة الموارد (Resource Management)
٧. تحقيق المنتج (Product Realization)
٨. القياس والتحليل والتحسين (Measurement, Analysis, Improvement)



الشكل ١-٨ العناصر الأساسية وبنود الآيزو ٩٠٠١ :٢٠٠٨

نلاحظ هنا أن معايير الجودة العالمية الأيزو ٩٠٠١ تركز بشكل واضح على العميل (Customer Focus) والاعتماد على مدخل العمليات (Processes Approach) وعملية التحسين المستمر (Continuous Process Improvement) وبقية المفاهيم الأساسية لإدارة الجودة مثل القيادة (Leadership)، وتمكين الأفراد (Empowerment) والإدارة بالحقائق (Fact Driven Management).

٩ الأدوات العملية لإدارة الجودة

من عرضنا في الفقرات السابقة لمفاهيم الجودة الشاملة ومنهجياتها كإدارة الجودة الشاملة (فقرة ٧) ومنهجية الستة سيجما (فقرة ٨) ومعايير الجودة العالمية الأيزو ٩٠٠١ (فقرة ٩) تبين لنا الدور المحوري الذي يلعبه التحسين المستمر للعمليات في هذه الفلسفات والمنهجيات وهذا ما علمه إدوارد ديمنج لليابانيين في بداية

الخمسينيات ثم للأمريكان في بداية الثمانينات مما تمخضت منه تلك النهضة الرائعة في مجال الجودة والتميز التي نلمس آثارها في حياتنا اليومية من خلال الخدمات والمنتجات ذات الجودة العالية التي نتمتع بها في عصرنا الحالي. ولتحقيق عملية التحسين المستمر للعمليات، على العاملين في المنظمات سواء كانوا من قيادات عليا أو من موظفين العمل بإستمرار للبحث عن فرص التحسين في العمليات وهذا بإتباع المنهجية العلمية التي أسس لها إدوارد ديمنج في حلقته للتحسين المستمر (الشكل ١-٢) مع إستخدام عملي لأدوات تسمح بتحقيق الهدف. وتوفر منهجيات الجودة الشاملة كما هائلا من الأدوات والتقنيات صنفها علماء الجودة إلى ثلاثة مجموعات رئيسية، كما يبين الشكل (١-٩)، هي:

- **الأدوات السبع الأساسية للجودة** (The Seven Basic Quality Tools) والمعروفة بالسبع الروائع والمتمثلة في الأدوات التالية : خرائط التدفق، وقوائم الإختبار، وتحليل باريتو، والمدرج التكراري، ومخطط السبب والنتيجة، ومخطط التبعثر وخرائط المراقبة. للإشارة فإن هذه الأدوات فعالة جدا في عمليات التحسين المستمر وحل المشاكل في حالة توفر بيانات عددية عن العملية والمنتج أو الخدمة.
- **الأدوات السبع للإدارة والتخطيط** (The Seven Management and Planning Tools) والتي تفيد في التحسين المستمر للعمليات وحل المشاكل في حالة عدم توفر بيانات عددية عن العملية وإنما تكون على شكل معلومات شفاهية كالأفكار التطويرية والمقترحات التحسينية التي يتقدم بها الموظف أو العامل للقيادة الإدارية، إما في إطار حلقات الجودة أو فرق التحسين أو جلسات العصف الذهني. تشمل هذه المجموعة الأدوات التالية: مخطط نشاط الشبكة (Activity Network Diagram)، ومخطط التقارب

أو التشابه (Affinity Diagram)، ومخطط العلاقات (Relations Diagram)، ومصفوفة ترتيب الأولويات (Prioritization Matrix)، ومخطط الشجرة (Tree Diagram)، ومخطط المصفوفة (Matrix Diagram)، وخريطة برنامج قرار العملية (Process Decision Program Chart).

- **أدوات وتقنيات الجودة الأخرى** (Other Quality Tools) وتتمثل في مجموعة كبيرة من الأدوات نذكر منها تلك التي تفيد فرق التحسين والقيادات الإدارية ومن أهمها: العصف الذهني (Brainstorming)، وتقنية الأسئلة الخمسة لماذا (Five Whys)، وتحليل مجال القوى (Force Field Analysis)، وتقنية المجموعة الاسمية (Nominal Group Technique)، وتحليل مقدرة العمليات (Process Capability Analysis) إلى غير ذلك من التقنيات الأخرى.

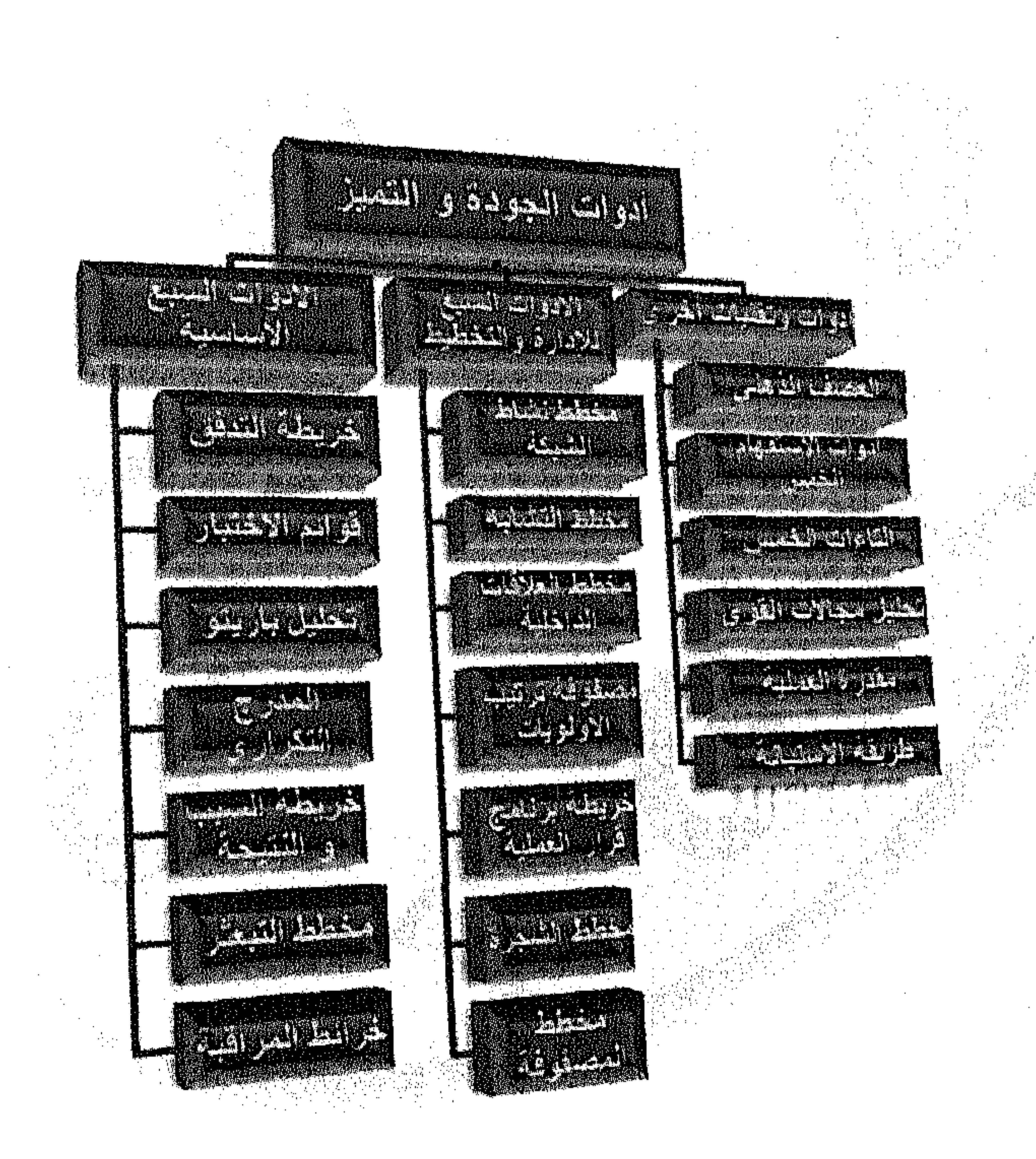
كما يمكن تصنيف أدوات الجودة وتقنياتها حسب طبيعة إستعمالها في عمليات التحسين المستمر بحيث نحصل على المجموعات الرئيسية التالية:

١. **أدوات قياس وتحليل مستويات التحسين في العمليات** مثل قوائم الإختبار (Check Sheets)، والمدرج التكراري (Histogram)، ومخطط باريتو (Pareto Charts)، وخرائط المراقبة (Control Charts).

٢. **أدوات فهم وتحليل العمليات** مثل مخطط تدفق العمليات (Process Flow charting)، وتحليل الأسباب الجذرية (Root Cause Analysis)، وتحليل تحليل أثر نمط الفشل (Failure Mode Effect Analysis).

٣. **أدوات توليد الأفكار وترتيبها** مثل العصف الذهني (Brainstorming)، ومخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)، ومخطط تحليل مجال القوى (Force Field Analysis)، ومخطط التقارب (Affinity Diagram)

ومصفوفة ترتيب الأولويات (Prioritization Matrix)، ومخطط الشجرة (Tree Diagram)، ومخطط المصفوفة (Matrix Diagram).



الشكل ١-٩ أدوات وتقنيات الجودة والتميز

تشير الدراسات الحديثة في مجال التميز المؤسسي (Zairi, 2011) بأن كل من الأدوات الأساسية وأدوات الإدارة والتخطيط كفيلة بإحداث أحسن مستويات التحسين في العمليات وتحقيق التميز المؤسسي في الأداء وأن هذه الأدوات فعالة جدا في متناول فرق التحسين والقيادات العليا والمتوسطة في المنظمات التي تعمل وفق منهجية إدارة الجودة الشاملة لتحقيق التميز في أدائها وخدمة عملائها. إن أهمية هذه الأدوات في مجال مراقبة العمليات وتحسين جودة مخرجاتها ليس فيها أدنى شك، فقد

أسهب علماء الجودة في توضيح ذلك من خلال أمهات الكتب والمراجع العلمية التي تطرقت إلى إدارة الجودة الشاملة وأساليبها حيث أن الدارس والباحث في هذه المراجع ليجد ما يروي عطشه ويوضح أسس هذه التقنيات وتطبيقاتها في مختلف المجالات الإنتاجية والتصنيعية والخدمية بما في ذلك الخدمات البنكية، والخدمات الصحية، ومجالات التعليم العام والعالي وكذلك الخدمات الحكومية.

يبين عالم الجودة العربي الأستاذ الدكتور محمد زايري في إحدى روائعه العلمية في مجال الجودة والتميز أهمية أدوات الجودة بصنفيها الرئيسين (الأدوات السبع الأساسية، والأدوات السبع للإدارة والتخطيط والتي يرمز إليها بالأدوات الجديدة) أهمية هذه الأدوات في عمليات التحسين المستمر وتغيير ثقافة المنظمة وترسيخ مبدأ التعلم المستمر من أجل تحقيق التميز في الأداء المؤسسي.

" **لتحقيق التميز**، يتوجب على المنظمات توجيه اهتماماتها نحو التأقلم مع قوى البيئة الخارجية، وتعرف عملية التأقلم بأنها الجهد الذي تبذله المنظمة في سبيل الحد من الإنحرافات والإختلافات في عملياتها الانتاجية والتسويقية، وبالتالي فعلى المنظمات أن تتعلم وباستمرار عن المتغيرات الداخلية والخارجية ذات الارتباط الاستراتيجي بمقومات النجاح والتميز. إن أي شركة تتبنى **إدارة الجودة الشاملة** يمكن بإمكانها أن تتحول إلى منظمة تعلم مستمر إذا استعملت بطريقة شاملة **أدوات الجودة السبع الأساسية 'القديمة' والأدوات الجديدة للجودة** (للإدارة والتخطيط) في **سبيل دفع عجلة التغيير وترسيخ ثقافة التعلم** ".



عالم الجودة البروفيسور محمد زايري (٢٠٠٦)

لقد أثبتت الدراسات العلمية الحديثة بأن أدوات الجودة والتميز بأصنافها الثلاثة المبينة والتي تندرج ضمنها الأدوات الأساسية السبع للجودة، والأدوات السبع للإدارة والتخطيط، كفيلة بإحداث أحسن مستويات التحسين في العمليات وتحقيق التميز المؤسسي وأن هذه الأدوات فعالة جدا في متناول فرق التحسين والقيادات العليا والمتوسطة في المنظمات التي تعمل وفق منهجية إدارة الجودة الشاملة لتحقيق التميز المؤسسي. كما تشير هذه الدراسات أيضا أن المنظمات اليابانية قد نجحت في تطبيق أدوات الجودة بشكل طبيعي وجعلت العمال على مختلف مستوياتهم (موظفون عاديون أو قياديون) يمارسونها يوميا في مجال أعمالهم لتحقيق التحسين المستمر وحل المشكلات وإحداث أعلى مستويات الجودة وأن هذا لم يكن راجعا لطبيعة وثقافة المجتمع الياباني وإنما يعود لأن المنظمات اليابانية كانت تتميز بالمقومات التالية:

١. وجود سياسة واضحة للجودة مستمدة من أحد المبادئ الأساسية لإدارة الجودة الشاملة والمتمثل في إلتزام الإدارة العليا (Leadership Commitment).

٢. إمكانيات بشرية ومادية مناسبة (Adequate Resources).

٣. ثقافة جودة قوية (Sound Quality Culture).

٤. برامج تدريبية مستمرة للعمال والقيادات تهدف إلى تزويدهم بمهارات العمل الجماعي (teamwork) وكيفية إستخدام أدوات الجودة المناسبة في حل المشاكل التي تواجههم وتحسين العمليات (Process Improvement) التي يقومون عليها.

١٠ خلاصة الفصل

لقد جُلنا من خلال مختلف فقرات الفصل الأول على المفاهيم الأساسية التي تقوم عليها منهجيات الجودة الشاملة والأدوات العملية وأرى أن أشارك القارئ الكريم هذه الخلاصة القيمة التي خلصت لها الجمعية الأمريكية للجودة (ASQ, 2010,

(Henderson, 2011) من خلال إطلاق برنامج "التفكير الإحصائي لكل مكان (Statistical Thinking Everywhere)" والقائم على ثلاث عناصر أساسية هي:

أولا –كل عمل يحدث ضمن نظام قائم على العمليات المترابطة (All work occurs in a system of interconnected processes).

ثانيا – الاختلافات والتغيرات موجودة في كل العمليات (Variation exists in all processes).

ثالثا – فهم الاختلافات والعمل على تقليلها هو مفتاح النجاح والتميز (Understanding and reducing variation are keys to success).

يعتبر هذا المشروع امتدادا لفكر العالم إدوارد ديمنج الذي أرى أن منظماتنا العربية الحكومية والخاصة هي بأمس الحاجة إلى تبنيه خاصة في ضوء السعي وراء إنتاج منتجات وتقديم خدمات تتميز بالجودة العالية مما سيساهم في تحسين الأداء وتحقيق التميز في إرضاء العملاء. إن كتابنا هذا سيسلط الضوء على هذه المفاهيم الحديثة من خلال التطبيق العملي على واقع المنظمات الإنتاجية والخدمية لهذا التفكير الإحصائي وتطبيقه في تحسين جودة المنتجات والخدمات وباستعمال الوسائل التقنية الحديثة كبرامج الحاسب الآلي المتوفرة على أجهزتنا الشخصية مثل برامج الميكروسفت وبرامج تخصصية في مجال الجودة.

الفصل الثاني

الأدوات الأساسية السبع للجودة : الروائع السبع

١ مقدمة .

٢ الأدوات السبع الأساسية للجودة.

٣ خرائط التدفق (Flow Charts).

٤ قوائم الاختبار (Check Sheets).

٥ مخطط باريتو (Pareto Diagram).

٦ المدرج التكراري (Histograms).

٧ مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram).

٨ مخطط التبعثر أو الإنتشار (Scatter Diagram).

٩ خرائط المراقبة (Control Charts).

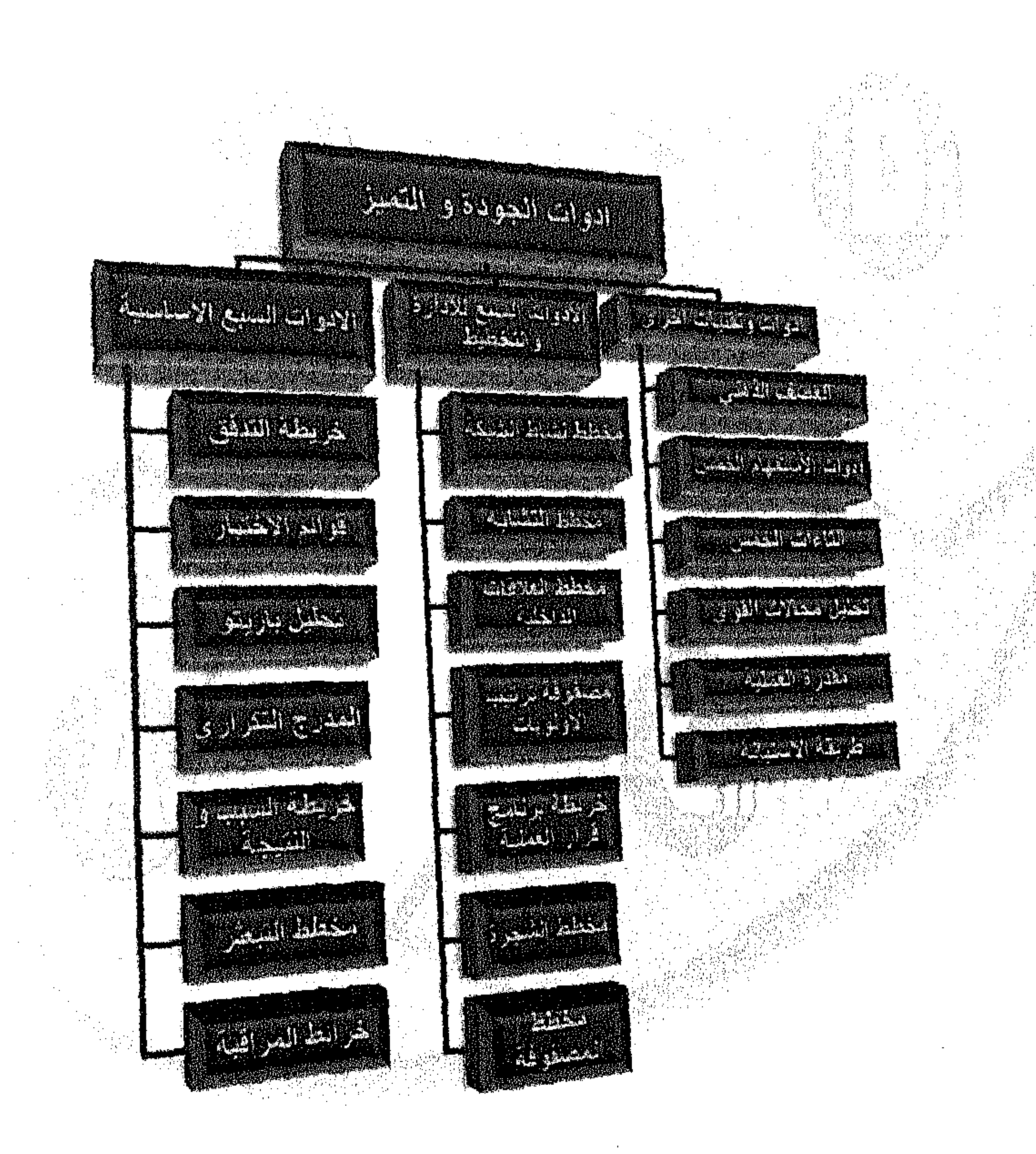
١ مقدمة

إن المتطلع إلى أمهات المراجع في مجال الجودة يعرف أن فلسفة إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) تشتمل على مجموعة كبيرة من الأدوات والتقنيات العملية التي تستعمل في عمليات التحسين المستمر (Continuous Process Improvement)، وحل مشكلات العمليات (Problem Solving)، وقد تم تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما هو موضح على الشكل (٢-١) والمتمثلة في:

- الأدوات السبع الأساسية للجودة (The Seven Basic Quality Tools)
- الأدوات السبع الجديدة للإدارة والتخطيط (The Seven Management and Planning Tools)
- تقنيات وأدوات الجودة الأخرى (Other Quality Tools and Techniques)

وقد تم عرض استعمالات هذه التقنيات في مختلف مراحل حلقة التحسين المستمر لديمنج (PDCA - Deming Cycle) وفلسفة الستة سيجما (6σ) بحيث يمكن للفريق القائم على مراقبة العملية وضبط جودة مخرجاتها اختيار التقنية المناسبة مع المرحلة التي تمر بها العملية أو المنتج أو الخدمة. وعلى الرغم من أهمية كل هذه التقنيات وفعاليتها في مجال مراقبة العمليات وتحسين جودة مخرجاتها سواء كانت منتجات صناعية أوخدمات إلا أننا سوف نكتفي في هذا الكتاب عموما بعرض الأدوات السبع الأساسية للجودة نظرا لطبيعتها الإحصائية والبيانية القائمة على تحليل البيانات العددية، مع التطرق بإذن الله إلى هذه الأدوات بنوع من التفصيل من خلال أمثلة وتطبيقات عملية من الواقع الصناعي والخدمي وبإستعمال البرامج الحاسوبية ذات الاستعمال العادي مثل الميكروسفت إكسل وذات الإستعمال المتخصص

كبرنامج المينيتاب. للإشارة فإن المهتم بالأدوات الأخرى مثل الأدوات السبع للإدارة والتخطيط بإمكانه الرجوع إلى كتابنا بعنوان "الدليل العملي للتحسين المستمر للعمليات بإستخدام الأدوات السبع للإدارة والتخطيط" (عيشوني، ٢٠١٢) والذي تم نشره ضمن سلسلة إصدارات المجلس السعودي للجودة.



الشكل ٢-١ أدوات الجودة والتحسين المستمر للعمليات (عيشوني ٢٠١٢)
Quality Tools for Process Improvement (Aichouni, 2012)

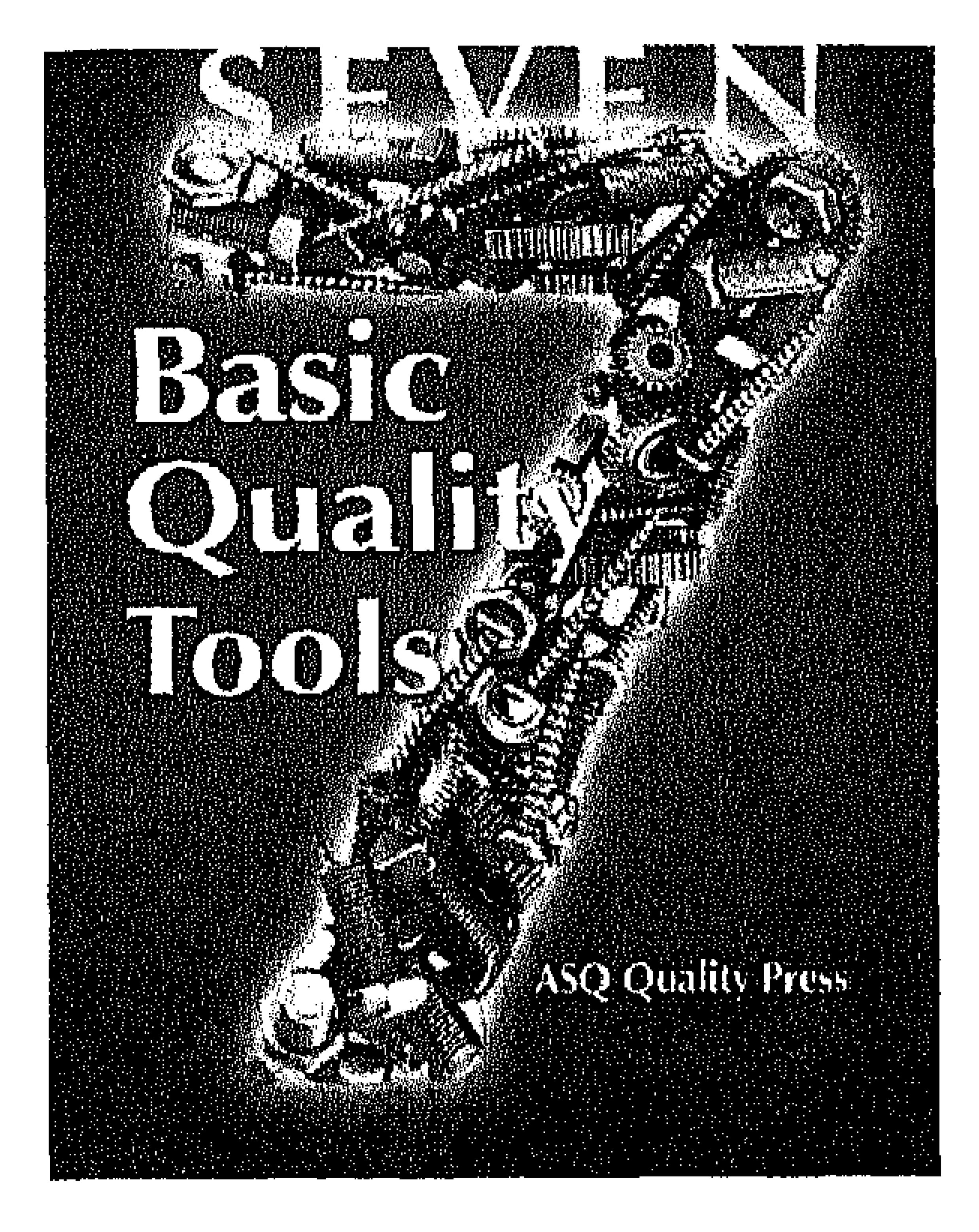
٢ الأدوات السبع الأساسية للجودة (The Seven Basic Quality Tools)

قام العالم الياباني كوارو إيشيكاوا في كتابه "دليل ضبط الجودة" (Ishikawa`s guide to quality control (1972)) بجمع وتقديم الأدوات السبع الأساسية السبع للجودة. ويعتبر هذا الكتاب المرجع الأساسي المعتمد للتدريب في مجال أدوات تحسين الجودة (Quality improvement tools) وحل مشكلات العمليات (Problem solving tools) والذي لا زالت تعتمده المنظمات الإقتصادية الرائدة وكذلك الجمعيات المهنية العالمية في مجال الجودة مثل الجمعية الأمريكية للجودة.

فحسب هذا العالم فإن ٩٥% من مشكلات الجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية يمكن حلها عن طريق التقنيات الأساسية السبع للجودة التي وردت في الدليل. لقد بين بوكس وآخرون (Box et al, 1987, 1988) من مركز تحسين الجودة والإنتاجية بجامعة ويسكونسن ماديسون كيف أن اليابانيين تمكنوا من الرفع من مستوى جودة منتجاتهم وتحسين إنتاجية منظماتهم عن طريق استعمال مبادئ الجودة مدعمة بالتقنيات الأساسية السبع للجودة التي يسميها الكثير من العلماء "السبع العظيمات أو الروائع السبع" (The Magnificent Seven). وقد ضرب بوكس (١٩٨٧) مثالا يبين فعالية هذه التقنيات في حل مشاكل الجودة وإيجاد التحسينات على العمليات الإنتاجية والخدمية حيث وضح أن مصنع تصنيع أجهزة التلفزيون بولاية وسكونسن ماديسون أين كانت نسبة الإنتاج المعيب فيه تعادل ١٤٦ بالمائة وبعد تولي اليابانيون إدارته تم تحسين العمليات الإنتاجية فيه وخفض الإنتاج المعيب إلى ٢ بالمائة فقط. كما استخلص الباحث نفسه أنه من منظور إدارة الجودة الشاملة المتبنية من طرف اليابانيين فإن الجودة عمل جماعي تعاوني (Collaborative Team work) يقوم على المنهجية العلمية القائمة على تحليل البيانات (Data Analysis) باستعمال الأدوات الأساسية السبع للجودة (The Seven Basic Quality Tools)،

وهـذا مـا أكـده العـالم جـوران في كتابـه المرجـع (جـوران ٢٠٠٠). لقـد عرفـت هـذه التقنيـات اسـتعمالات عديـدة مـن طـرف الفنيـين والمهندسـين الـصناعيين والمـوظفين الإداريين في كبرى الشركات الصناعية والخدمية العالمية وهذا لسهولتها وبساطة العمل عليها ، فهي بصفة عامة لا تتطلب معرفة قوانين أو معادلات رياضية معقدة وإنما هي قائمـة على طـرق إحـصائية بـسيطة يمكـن للعامـل أو الموظـف العـادي التعامـل معهـا بسهولة ويسر وهذا ما سنراه مع بعض خلال مختلف فصول هذا الكتاب.

نلاحظ هنا أن هذه الأدوات تستعمل في حالة وجود بيانات عددية في العملية مثل وقـت أداء خدمـة معينـة كتقـديم الخدمـة البنكيـة أو الطبيـة في المستـشفى، أو عـدد العيـوب والأخطـاء الموجـودة في المنـتج إلى غـير ذلـك. مـن المهـم أن نلاحـظ أن هـذه الأدوات فعالـة جـدا في تزويـد القائـد الإداري للمنظمـة بالإجابة عـن سـؤالين مهمـين همـا: هـل العمليـة الإنتاجيـة أو الخدمية التي يقـوم عليهـا القائـد في منظمتـه قـادرة على تحقيـق مواصـفات ومتطلبـات العميـل؟ وهـل هـذه العمليـة مـستقرة في الـزمن ويمكن أن تحافظ على أدائها الجيد ؟



قد يوافقني عزيز القارئ أن الإجابة على هذين السؤالين مهمة جدا حيث من خلالها يمكن للقائد أو المدير اتخاذ القرار في قبول الصفقة التي يطلبها العميل بمتطلباته أو رفض هـذه الـصفقة. كمـا يمكـن مـن خـلال هـذه الإجابـة أن يتخـذ القـرار بتفعيـل دور فريق التحسين وإعطائه الصلاحيات في الشروع في البحث عن جذور المشكلات التي تؤدي إلى تدني مستوى جودة المنتجات أو الخدمات وحلها مما سيؤدي حتما إلى تحسين مستوى الجودة وتحقيق رضا العميل. ولعلي أجزم هنا ما أكـده علمـاء الجـودة

اليابانيون أمثال كاورو إيشيكاوا في العديد من مؤلفاتهم (Ishikawa, 1972, 1982) أن أكثر من ٩٥ بالمائة من مشكلات أي عملية يمكن حلها عن طريق هذه الأدوات البسيطة. كما يشير الخبير الإستشاري لدى الصناعات العسكرية الهندية الاستاذ نانكانا في كتابه بعنوان "الروائع السبع" المنشور في ٢٠٠٥ إلى فعالية هذه الأدوات، وأنها إحدى أسرار التقدم والتطور السريع الذي عرفته الصناعة الهندية في العشرية الأخيرة (Nankana, 2005). إن نشر الجمعية الأمريكية للجودة (American Society for Quality, ASQ, 2011) لكتاب بعنوان أدوات الجودة الأساسية للجودة في سنة ٢٠١١ ما هو إلا دليل آخر على أهمية هذه الأدوات البسيطة والفعالة والتي أدعو جميع القيادات الإدارية في منظماتنا العربية إلى تبني إستراتيجية شاملة لدمقرطة هذه الأدوات في منظماتهم وتعميم إستعمالها بشكل يومي وروتيني لدى فئات المهندسين والفنيين وجميع الموظفين بكل مستوياتهم.

وحتى أكرس فكرة فعالية هذه الأدوات مع بساطتها لدى القارئ الكريم والمهتم بالجودة فإنني أنوه في هذا المقام بأنني قمت شخصيا بتطبيق هذه الأدوات في تحسين عمليات إدارية وإنتاجية في قطاعات حكومية كالقطاعات الأمنية (.Aichouni, et al (2009)) وقطاع التعليم العالي (Aichouni and al-Ghonamy, (2010) and Aichouni and Alshammari (2010)) وكذلك قطاع صناعة الإسمنت في بعض مناطق المملكة (Aichouni, 2012, 2013)، وقد تمكنت فرق التحسين التي تم تدريبها في هذه القطاعات من تحقيق مستويات تحسين أنتجت نسبة ١٠٠ بالمائة من رضا العملاء الداخليين والخارجيين لدى هذه المنظمات.

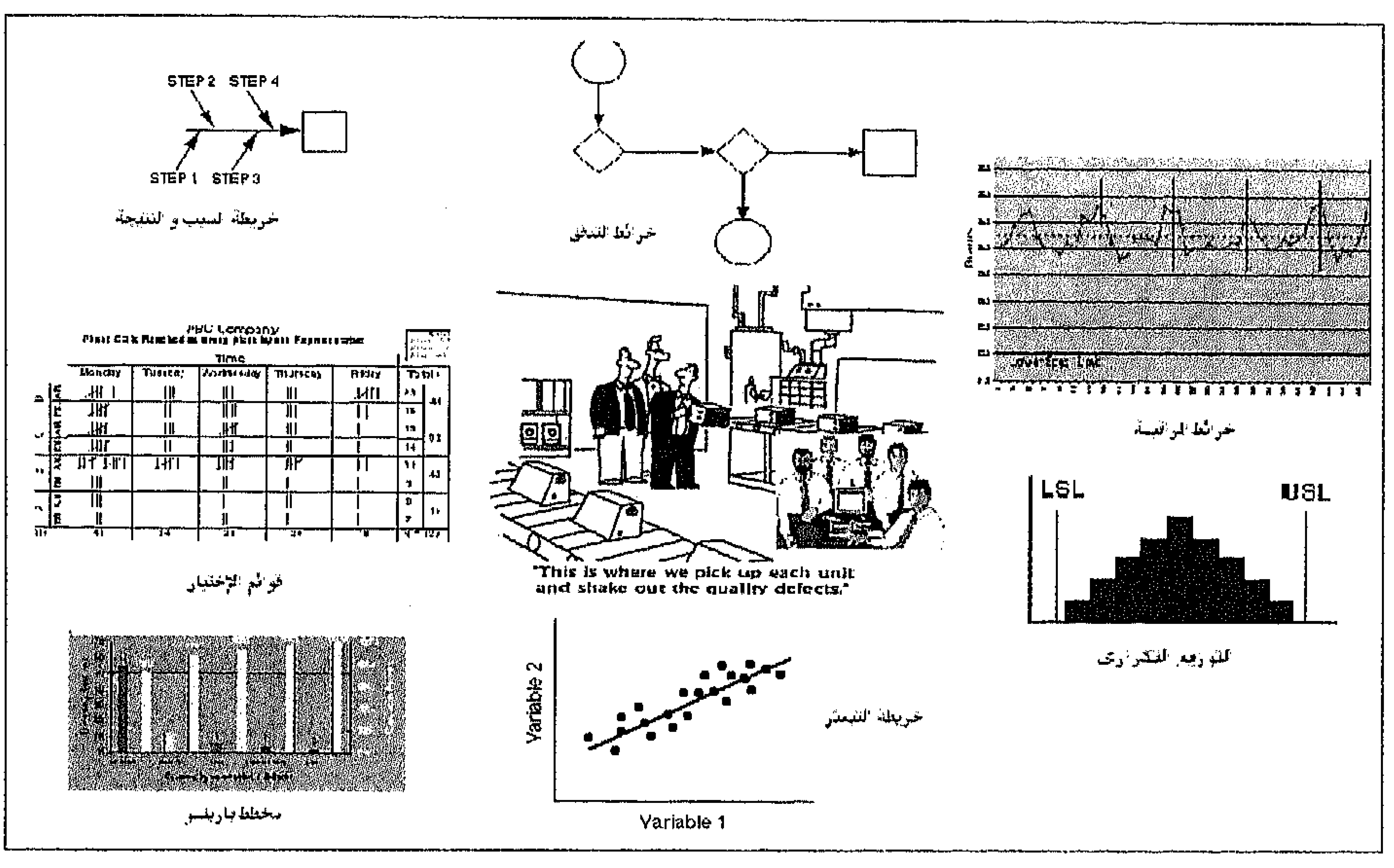
دور أدوات الجودة السبع الأساسية في حلقة التحسين المستمر

لقد تم التوضيح في الفصل الأول أن حلقة تحسين الجودة لديمنج (Deming Cycle for Quality Improvement - PDCA) هي إحدى الدعامات الأساسية في إدارة الجودة الشاملة ونماذج التميز المؤسسي وكذلك نموذج الأيزو ٩٠٠١ : ٢٠٠٨، ومن خلالها يمكن للمنظمات الإنتاجية والخدمية تحقيق تحسينات جوهرية على عملياتها مما يساهم في تحسين مستوى الجودة وتحقيق أعلى مستويات إرضاء العملاء. ولأدوات الجودة الأساسية دورا بارزا في جميع مراحل حلقة التحسين المستمر للعمليات وهي موضحة على الجدول (٢-١) والشكل (٢-٢) :

- خرائط التدفق (Flow Charts) : وصف العملية وتتابع خطواتها
- قوائم الإختبار (Check Sheets) : جمع البيانات من العملية
- خريطة باريتو (Pareto Diagram) : ترتيب البيانات حسب الأهمية وتحديد الأوليات في عملية التحسين.
- التوزيع (المدرج) التكراري (Histogram): تحديد نوع التوزيع في العملية وتغيراتها.
- خريطة السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) : تنظيم وترتيب الأسباب المؤثرة على العملية والبحث عن جذور المشكلات.
- خريطة التبعثر (أو الانتشار) (Scatter Diagram) : البحث عن العلاقة بين الأسباب والنتائج.
- خرائط المراقبة (Control Charts) : مراقبة العمليات وتحديد أسباب وقوع التغيرات والإنحرافات في العملية أو المنتج.

الأدوات (Tools)	المهام	منهجية التحسين المستمر (PDCA)						
		تحديد الأولويات	تحليل العملية	تطوير الحلول	تنفيذ الحلول	تقييم النتائج	تنميط الحلول	تخطيط المستقبل
خرائط التدفق Flow Charts		√	√	√			√	
قوائم الاختبار Check Sheets		√		√	√	√		
خريطة باريتو Pareto Diagram		√			√	√		√
التوزيع التكراري Histograms		√						√
خريطة السبب والنتيجة Cause and Effect Diagram			√	√	√			√
خريطة التبعثر Scatter Diagram			√	√		√		√
خرائط المراقبة Control Charts				√		√		√

الجدول ٢-١ التقنيات السبع الأساسية للجودة واستعمالاتها في إطار فلسفة التحسين المستمر (PDCA Cycle)



الشكل ٢-٢ التقنيات السبع الأساسية للجودة واستعمالها في المنظمات

في الفقرات الموالية سوف نقوم بعرض كل أداة على حدة بأسلوب علمي مبسط يسمح لك عزيزي القارئ بتطبيق الأداة المناسبة في مجال عملك خطوة بخطوة (step by step)، بحيث يشمل العرض ما يلي:

- المفهوم العام للأداة
- الاستعمالات العملية للأداة
- الخطوات العملية لتطبيق وعمل الأداة
- أمثلة عملية من القطاعات الصناعية أو الخدمية
- حل أمثلة عملية عن طريق برنامج الميكروسفت إكسل (Microsoft Excel) وبرنامج المينيتاب (Minitab).

٣ خرائط التدفق (Flow Charts)

٣-١ المفهوم العام لخرائط التدفق

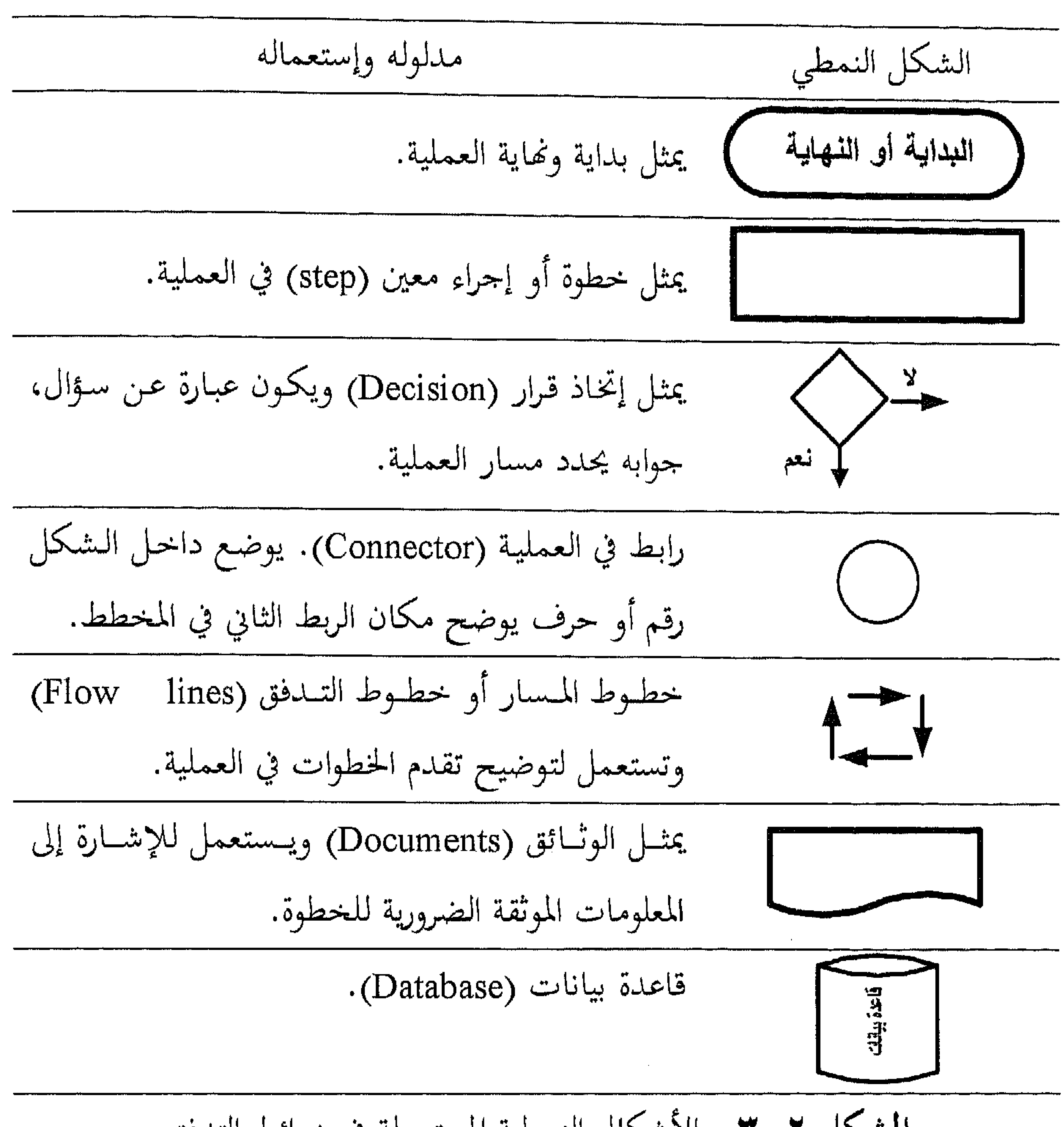
خريطة التدفق أو خريطة المسار (Flow Chart / Flow Diagram) هي عبارة عن مخطط يصف طبيعة مسار العملية والخطوات التي يمر بها المنتج فيها، فمن خلال هذه الخريطة يمكن وصف العمليات الحالية وتتابعها وهذا ما يسمح بتوضيح العمليات الرئيسية المطلوبة لإنتاج منتج ما أو تقديم خدمة معينة. كما يمكن من خلالها اقتراح التعديلات والمراجعات الضرورية في العمليات الإنتاجية والأنشطة الخدمية. إذا فخرائط التدفق عبارة عن مخطط لتمثيل خطوات العملية وتحديد نقاط اتخاذ القرارات والإجراءات التصحيحية المناسبة عليها.

٣-٢ مكونات خرائط التدفق

يتم عمل خريطة التدفق باستعمال أشكال نمطية معينة تصف طبيعة الخطوة أو الإجراء أو النشاط في العملية، وهذه الأشكال ملخصة في الشكل (٣.٢).

توجد هناك مجموعة من الضوابط العملية تساعد فريق تحسين الجودة في الاستعمال الحسن والصحيح لهذه التقنية ومن أهمها:

- أن يقوم فريق عمل مكون من العاملين القائمين على العملية لديهم الخبرة والكفاءة المناسبة برسم هذه الخريطة.
- تحديد الأهداف المرجوة من استعمال هذه الخريطة في المنظمة.
- تحديد من سيستفيد من هذه الخريطة.
- تحديد مستوى الدقة والتفاصيل التي نريدها في الخريطة.
- تحديد حدود الخريطة، بحيث لا تحتوي هذه الحدود إلا على المجال الذي نود إجراء التحسينات عليه دون الخوض في المجالات الأخرى من العملية.



الشكل النمطي	مدلوله وإستعماله
البداية أو النهاية	يمثل بداية ونهاية العملية.
	يمثل خطوة أو إجراء معين (step) في العملية.
لا نعم	يمثل إتخاذ قرار (Decision) ويكون عبارة عن سؤال، جوابه يحدد مسار العملية.
	رابط في العملية (Connector). يوضع داخل الشكل رقم أو حرف يوضح مكان الربط الثاني في المخطط.
	خطوط المسار أو خطوط التدفق (Flow lines) وتستعمل لتوضيح تقدم الخطوات في العملية.
	يمثل الوثائق (Documents) ويستعمل للإشارة إلى المعلومات الموثقة الضرورية للخطوة.
قاعدة بيانات	قاعدة بيانات (Database).

الشكل ٢-٣ الأشكال النمطية المستعملة في خرائط التدفق

(جوران ٢٠٠٠ ص. AV.3)

نلاحظ عزيزي القارئ أنه يستحسن البدء برسم الخريطة بأخذ الصورة العامة للعملية، أي بتحديد الأنشطة الرئيسية في العملية فقط ومن ثم الخوض في التفاصيل والنشاطات الدقيقة في العملية وهنا ينصح بعمل زيارة ميدانية للفريق القائم على

الجودة إلى العملية التصنيعية أو الخدمية. بصفة عامة هناك ثلاثة مستويات للتفاصيل مما يؤدي إلى ثلاثة أنواع من الخرائط، وهي :

أ- خريطة التدفق الخطية (Linear flow chart)

ب- خريطة التدفق للانتشار التفصيلي (Deployment flow chart)

ت- خريطة التدفق للفرص (Opportunity flow chart) .

٣-٣ أنواع خرائط التدفق

المستوى الأول : خريطة التدفق الخطية (Linear flow chart) : في هذه الخريطة ترسم الخطوات الأساسية للعملية بحيث يمكن لنا تحديد الخطوات الزائدة والتكرار الغير مفيد في الخطوات والأنشطة.

المستوى الثاني : خريطة التدفق للانتشار التفصيلي (Deployment flow chart) : تبين هذه الخريطة تسلسل الخطوات في العملية وكذلك الأشخاص والمجموعات المشاركة في كل خطوة في العملية. يمكن من خلال هذه الخريطة توضيح العلاقة بين الزبون والمورد.

المستوى الثالث : خريطة التدفق للفرص (Opportunity flow chart) : تعتبر هذه الخريطة أكثر شمولية وتفصيلا، بحيث أنها عبارة عن خريطة تدفق خطية مضاف إليها تفاصيل مهمة عن العملية مثل القيمة المضافة (Added Value) والتكاليف (Cost Added) في كل خطوة من خطوات العملية .

من واقع التجربة العملية يكون نوع خرائط التدفق الخطية كافيا جدا للكثير من عمليات تحسين الجودة في العديد من العمليات الإنتاجية والخدمية. لذلك ففي الفقرة الموالية سنعرض الطريقة العملية لعمل هذه الخريطة ونوجه عناية الدارس الكريم إلى المراجع العلمية المتخصصة لدراسة بقية الأنواع حسب حاجته.

٣-٤ الخطوات العملية لعمل خريطة التدفق الخطية

يمكن تلخيص عملية رسم خريطة التدفق الخطية في سبعة خطوات أساسية، وهي:

الخطوة ١ – حدد العملية التي تود عمل خريطة تدفقها والهدف منها.

الخطوة ٢ – اجمع فريق العمل المتكون من العمال والفنيين والإداريين القائمين على العملية.

الخطوة ٣ – عرف حدود العملية، أي بدايتها ونهايتها.

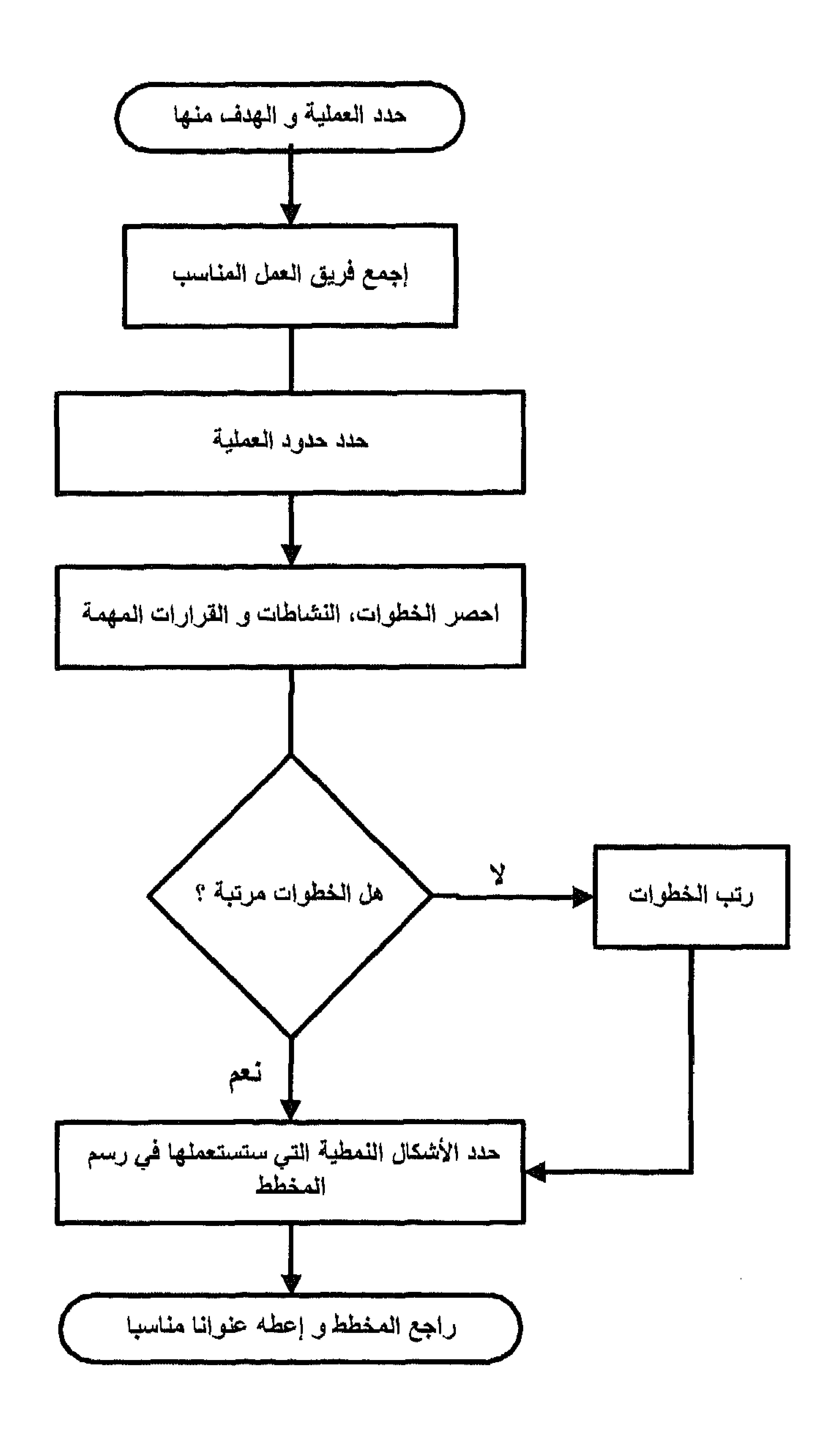
الخطوة ٤ – قم بحصر الخطوات، النشاطات والقرارات المهمة في العملية. إذا كان الفريق غير متأكد من خطوة ما، تكتب جانبا وتدرس فيما بعد.

الخطوة ٥ – ضع هذه الخطوات ورتبها ترتيبا زمنيا (Chronological sequence). في بعض الأحيان قد يكون من المفيد أن نسير في الاتجاه المعاكس لمسار العملية، أي من نقطة النهاية إلى نقطة البداية.

الخطوة ٦ – حدد الأشكال النمطية التي ستستعملها لرسم الخريطة، ويجب أن تكون هذه الأشكال واضحة ومعروفة للجميع مثل الأشكال المقترحة في الشكل (٢-٣).

الخطوة ٧ – قم بمراجعة الخريطة وأعطها عنوانا توضيحيا مناسبا.

لاحظ عزيزي القارئ أن هذه الخطوات تمثل عملية رسم خريطة التدفق لعملية ما، وهنا أسأل : أليس أحرى بنا أن نجمع هذه الخطوات المكتوبة على شكل خريطة تدفق؟ والجواب موجود في الشكل (٢-٤) الذي يمثل هذه الخريطة.



الشكل ٢–٤ مثال لخريطة تدفق خطية

٣-٥ مثال على استعمال خرائط التدفق

لقد تم التوضيح سابقا بأن حلقة ديمنج للتحسين المستمر (Deming Cycle) هي الإطار الإستراتيجي لإدارة الجودة الشاملة ونماذج التميز المؤسسي وتطبيقها في المنظمات الإنتاجية والخدمية وتقوم عليها معايير الجودة العالمية الأيزو ٩٠٠١:٢٠٠٨ كمنهجية للنحسين المستمر للعمليات في المنظمات. وهي تمثل أيضا النموذج العملي لعملية التحسين المستمر للعمليات في المنظمات الانتاجية والخدمية بقصد تحسين عملياتها والوفاء بمتطلبات عملائها . عرفنا فيما سبق أيضا أن تطبيق هذه الحلقة عمليا في تحسين العمليات يمر بسبعة مراحل أساسية، هي:

المرحلة الأولى – تحديد الفرصة للتحسين

المرحلة الثانية – تحليل العمليات الحالية

المرحلة الثالثة : تطوير أنسب الحلول

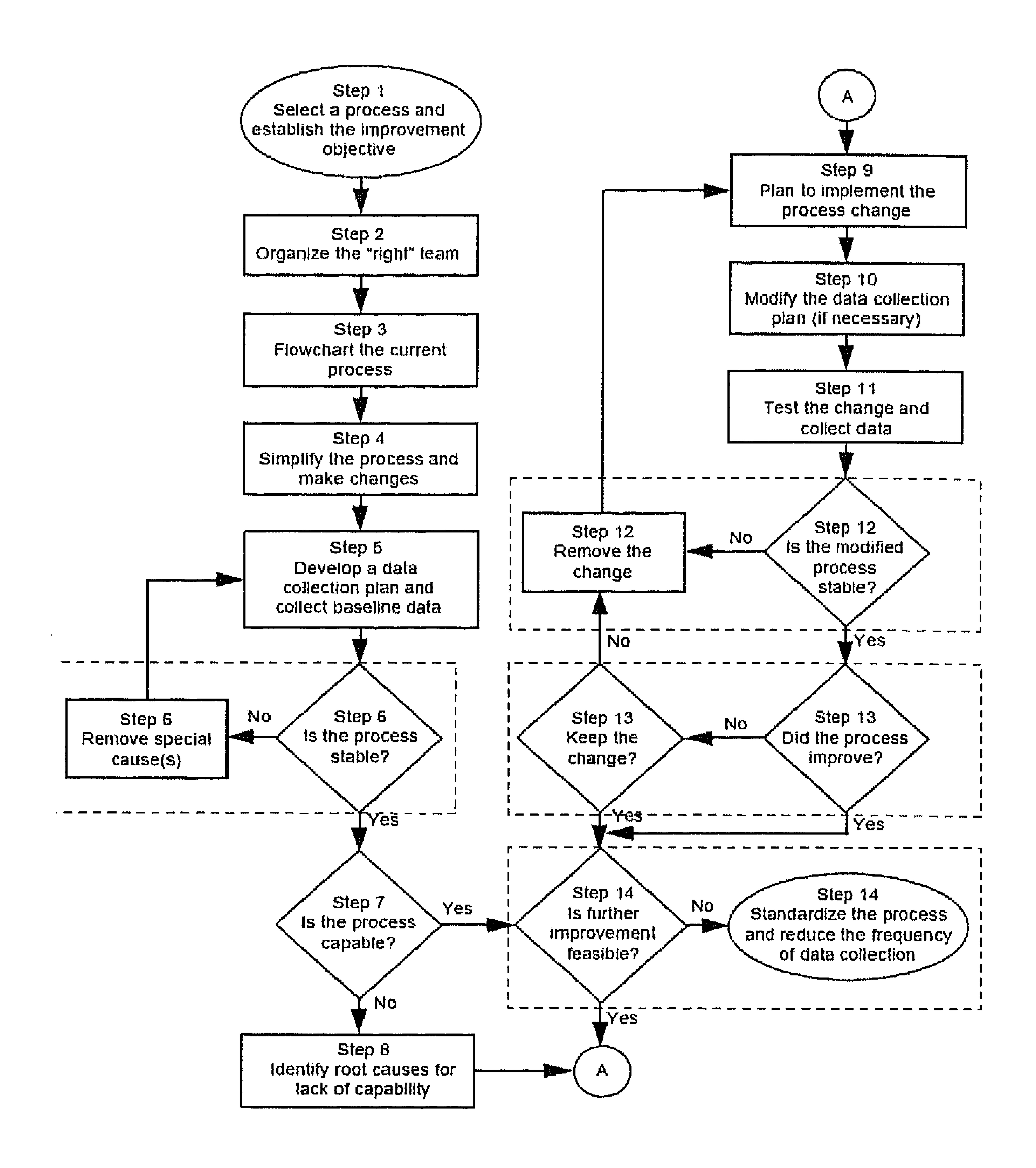
المرحلة الرابعة – تنفيذ التغيرات

المرحلة الخامسة – دراسة وتقييم النتائج

المرحلة السادسة – تنميط وتأسيس الحلول المعيارية

المرحلة السابعة – التخطيط للمستقبل .

يوضح الشكل (٢-٥) خريطة التدفق لعملية التحسين المستمر للعمليات ويشمل تفصيلا لهذه المراحل الأساسية السبع.



الشكل ٢-٥ خريطة التدفق لعملية التحسين المستمر في العمليات

(GOAL/QPC, 2001)

للملاحظة فإنه يستحسن إستعمال برنامج الميكروسفت فيزيو (Microsoft Visio) لرسم خرائط التدفق حيث أنه يوفر إمكانيات قيمة لذلك.

٤ قوائم الاختبار (Check Sheets)

٤-١ المفهوم العام لتقنية قوائم الاختبار

تعتبر عملية جمع البيانات من العمليات الإنتاجية أو الخدمية عملية مهمة جدا قصد تحقيق أحد الأهداف التالية:

- مراقبة العملية (Process Control).
- بحث العلاقات السببية ودراسة العلاقة بين الأسباب والنتائج المترتبة عنها.
- حل مشاكل العمليات (Problem solving).
- وإجراء عمليات التحسين المستمر لتلك العمليات (Continuous Process Improvement) التي تنتج منتجات دون المستوى المطلوب من العميل.

وتعتبر قوائم الاختبار إحدى الأدوات التي تسمح بجمع وتسجيل البيانات عن العملية بطريقة سهلة وبسيطة، ومن خلال تنظيم هذه البيانات يمكن للفريق القائم على العملية تحليل هذه البيانات بسهولة ويسر مما يساعد في حل مشاكل العملية وإجراء التحسينات المناسبة عليها. يوضح الشكل (٢-٦) مثالا لقائمة اختبار قمنا بتسجيل أعداد العيوب في منتج ما خلال فترة ٥ أيام.

العملية : ....   التاريخ : ....

المنتج : ....   رقم المنتج : ....

المعيب	أيام الأسبوع					المجموع
Defective Item	2/5 (M)	2/6 (T)	2/7 (W)	2/8 (T)	2/9 (F)	TOTAL
Mold cracked	卌	///	卌 /	///	////	21
Fibers	//		卌	/		8
Grit	////	//	///	卌		14
Pinholes	/	卌		//	/	9
Cracks		/	/			2
Other	/	///			///	7
Total	13	14	15	11	8	61

الشكل ٢-٦ مثال على قائمة اختبار

٤-٢ استعمالات قوائم الاختبار وأنواعها

تستعمل قوائم الاختبار في عملية التحسين المستمر للعمليات الإنتاجية والخدمية على حد سواء كأداة لحل مشكلات العملية، ويمكن من خلال هذه التقنية تحقيق الأهداف التالية:

- تحديد الفرق بين ما هو واقع في العملية وما نظن أنه سيقع.
- تجميع بيانات توضح مدى تكرار مشكل (أو عيب) ما في العملية (أو المنتج).
- تجميع بيانات تبين نوعية المشكلات وتكرارها في العملية.

ولتحقيق هذه الأهداف يمكن لنا استعمال أحد الأنواع الخمسة لقوائم الاختبار التالية:

أ - **قوائم اختبار توزيع العملية الإنتاجية** (Production Process Distribution checks) : وتستعمل لجمع البيانات عن العملية الإنتاجية وإجراء دراسة سريعة عن توزيعها.

ب - **قوائم اختبار الوحدات المعيبة** (Defective Item checks) : وتستعمل هذه القوائم لتحديد أنواع العيوب في المنتج أو الخدمة.

ج - **قوائم اختبار أماكن العيوب** (Defect location checks) : وتسمح بتحديد أماكن العيوب في المنتج أو الخدمة.

د - **قوائم اختبار أسباب المعيب** (Defective cause checks) : وتستعمل لتحديد أنواع العيوب في المنتج أو الخدمة وأسبابها.

هـ - **قوائم اختبار تأكيد الفحص** (Check-up confirmation checks) : وتستعمل في آخر مراحل العملية الإنتاجية (أو الخدمية) بحيث يتم فحص المنتج النهائي.

من واقع التجربة العملية، فإنه قد تبين أن النوع الأول والثاني من قوائم الاختبار تكون كافية في معظم عمليات تحسين الجودة في المجالات الصناعية والخدمية (Juran, 2000)، لذلك فسيكون عرضنا في الفقرات الموالية محصورا على هاتين التقنيتين.

٣-٤ قوائم اختبار توزيع العملية الإنتاجية

تعتبر المتغيرات من أهم خصائص جودة المنتجات الصناعية، فأبعاد القطع وأوزانها مثلا لها دور رئيسي في تحديد مستوى جودتها. وباستعمال قوائم الاختبار يمكن تجميع هذا النوع من بيانات جودة المنتج ومن خلال تنظيم هذه البيانات يتسنى لنا استخراج التوزيع لخصائص هذا المنتج وبالتالي يمكن لنا تحديد المشكلات الموجودة في العملية الإنتاجية. ومن أجل عمل قائمة اختبار، يجب إتباع الخطوات العملية التالية:

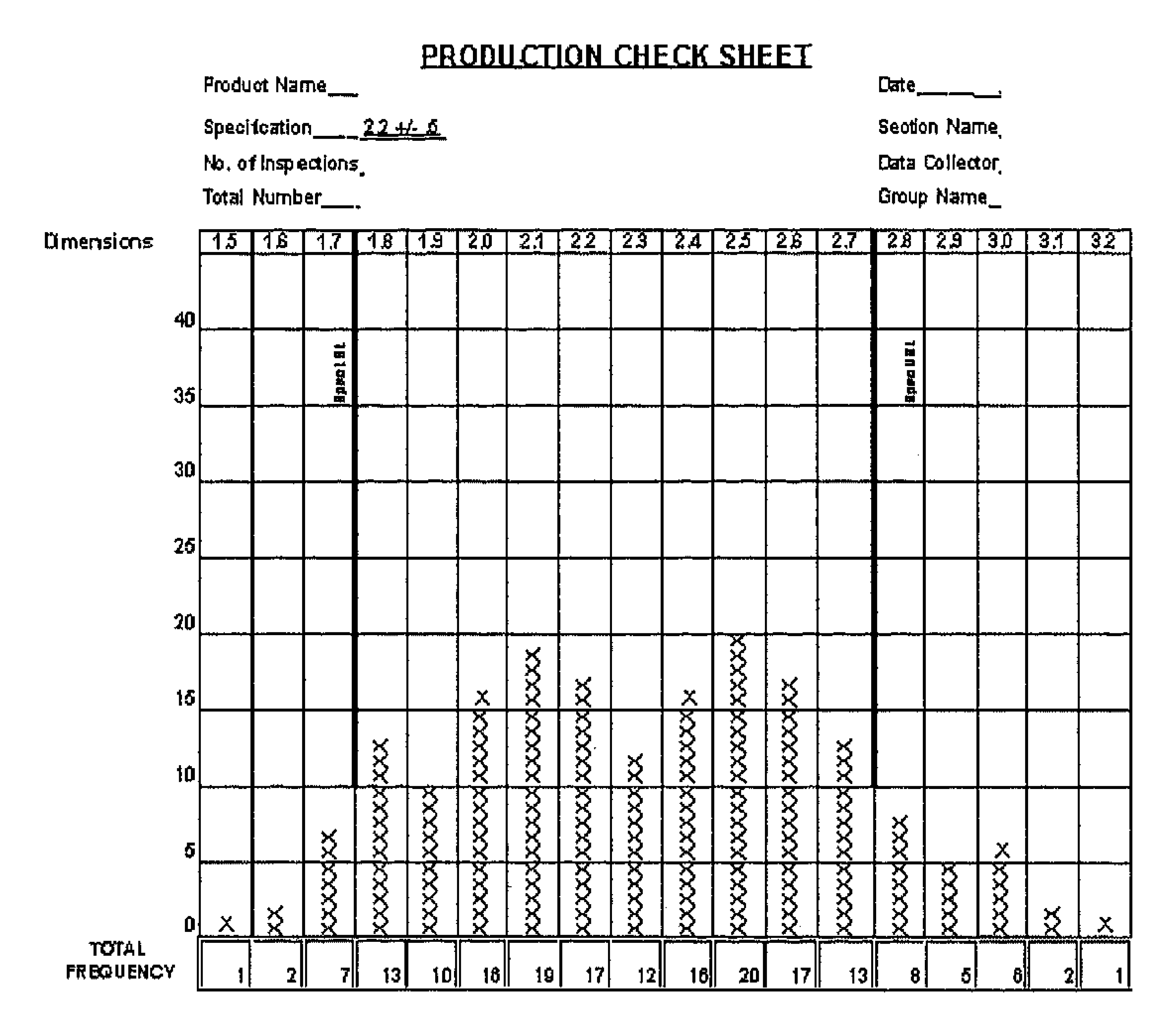
الخطوة ١ – نقوم بتحديد الهدف من العملية أو المشكلات أو أنواع الأخطاء التي تقع في العملية. عادة ما نقوم بطرح الأسئلة التالية: "ما هي المشكلة التي تواجهنا؟"، "لماذا نجمع البيانات؟" "من سيستعمل هذه البيانات؟" و" من سيجمع البيانات؟".

الخطوة ٢ – نقوم بعمل نموذج لتجميع البيانات وعادة ما يكون على شكل جدول، ونحدد خاصية الجودة التي سنقوم بقياسها ويجب أن تكتب بوضوح على النموذج إضافة إلى حدود المواصفات، تاريخ ومكان إجراء عملية جمع البيانات.

الخطوة ٣ – نقوم بجمع البيانات ونرصد مباشرة تكرار كل فئة على الجدول حين حدوثها باستعمال علامة (X).

الخطوة ٤ – نقوم بحساب التكرار لكل قيمة ثم نقوم بدراسة توزيع المنتج حسب وقوعه بالنسبة لحدود المواصفات.

يوضح الشكل (٢-٧) مثالا عمليا عن قائمة اختبار لتوزيع عملية إنتاجية قمنا بقياس العزم (Torque) فيها ولدينا المواصفات هي (2.2 ± 0.5) N.mm . من خلال هذه القائمة يمكن دراسة أداء العملية الإنتاجية ومقدرتها بحيث يكون من السهل جدا تحديد نسبة المنتج الخارج عن حدود المواصفات. كما يمكن استعمال هذه القائمة لرسم التوزيع التكراري للعملية الإنتاجية والتي من خلاله نستطيع أن نحصل على معلومات قيمة عن العملية مثل تمركزها (Center) ومقدار التشتت والتباين (variations) الحاصل فيها. تعتبر تقنية التوزيع التكراري إحدى الأدوات السبع الأساسية للجودة وسنعرضها في هذا الفصل عرضا مبسطا في حين أننا سنعطيها الكثير من التفصيل في الفصل الثالث بإذن الله.



الشكل ٢-٧ قائمة اختبار لتوزيع عملية إنتاجية

٤-٤ قوائم الاختبار للوحدات المعيبة (Defective Item checks)

من أجل تخفيض وتقليل عدد الوحدات المعيبة في العملية الإنتاجية (أو خدمية) يجب علينا أن نعرف أنواع العيوب التي تقع في المنتج ونسبها مقارنة مع الكمية الإجمالية المنتجة. كما هو معلوم لدى القائمين على العمليات الإنتاجية، فإن كل عيب في المنتج يعود إلى فئة معينة من الأسباب، لذلك فإنه سيكون غير مجديا أن نحصي عدد الوحدات المعيبة فقط وإنما يجب تحديد عدد الوحدات المعيبة التي تعود إلى أسباب معينة وبالتالي يسهل تحديد أهم هذه الأسباب التي تؤدي إلى إنتاج النسب الكبيرة من المعيب والتركيز على حلها وإزالتها من العملية في إطار عملية التحسين المستمر للعملية.

سنقوم بتوضيح طريقة استعمال تقنية قوائم اختبار الوحدات المعيبة من خلال المثال التالي الخاص بشركة تصنيع أجهزة التلفاز، أين سجل مفتش الجودة عدد الوحدات التي ظهر فيها عيب يعود إلى أحد مكونات الجهاز كما هو موضح على الشكل (٢-٨). في هذه التقنية يستحسن أن نستعمل الشكل (I) لتسجيل حدوث عيب ما في الوحدة وتكون ٥ وحدات معيبة مسجلة بالشكل (~~IIII~~).

من خلال هذه القائمة الموضحة على الشكل (٢-٨) يتبين أن العملية الإنتاجية بالشركة لديها مشكلة مع المكثفات وأجهزة التحكم ومن المؤكد أن هذا سيؤثر سلبا على رضا زبائن الشركة والعملاء لديها، لهذا فعلى الفريق العامل على جودة العملية أن يعمل على إزالة هاتين المشكلتين منها حتى تتحسن جودة المنتج لدى الشركة.

قائمة اختبار للوحدات المعيبة في جهاز التلفاز للشركة (س)

التاريخ : ...... المكان : .... المنتج : ....

المفتش : .... الشركة : .... عدد الوحدات المفحوصة :...

الــــــــدوائر المحكمــــــــة (Integrated circuits)	////	4
المكثفات (Capacitors)	~~////~~ ~~////~~ ~~////~~ ~~////~~ ~~////~~ //	27
المقاومات (Resistors)	//	2
المحولات (Transformers)	////	4
التحكم (Commands)	~~////~~ ~~////~~ ~~////~~ ~~////~~	20
الشاشة (CRT)	/	1

الشكل ٢-٨ مثال عن قائمة اختبار الوحدات المعيبة

٥ مخطط باريتو (Pareto Diagram)

٥-١ المفهوم العام لمخطط باريتو

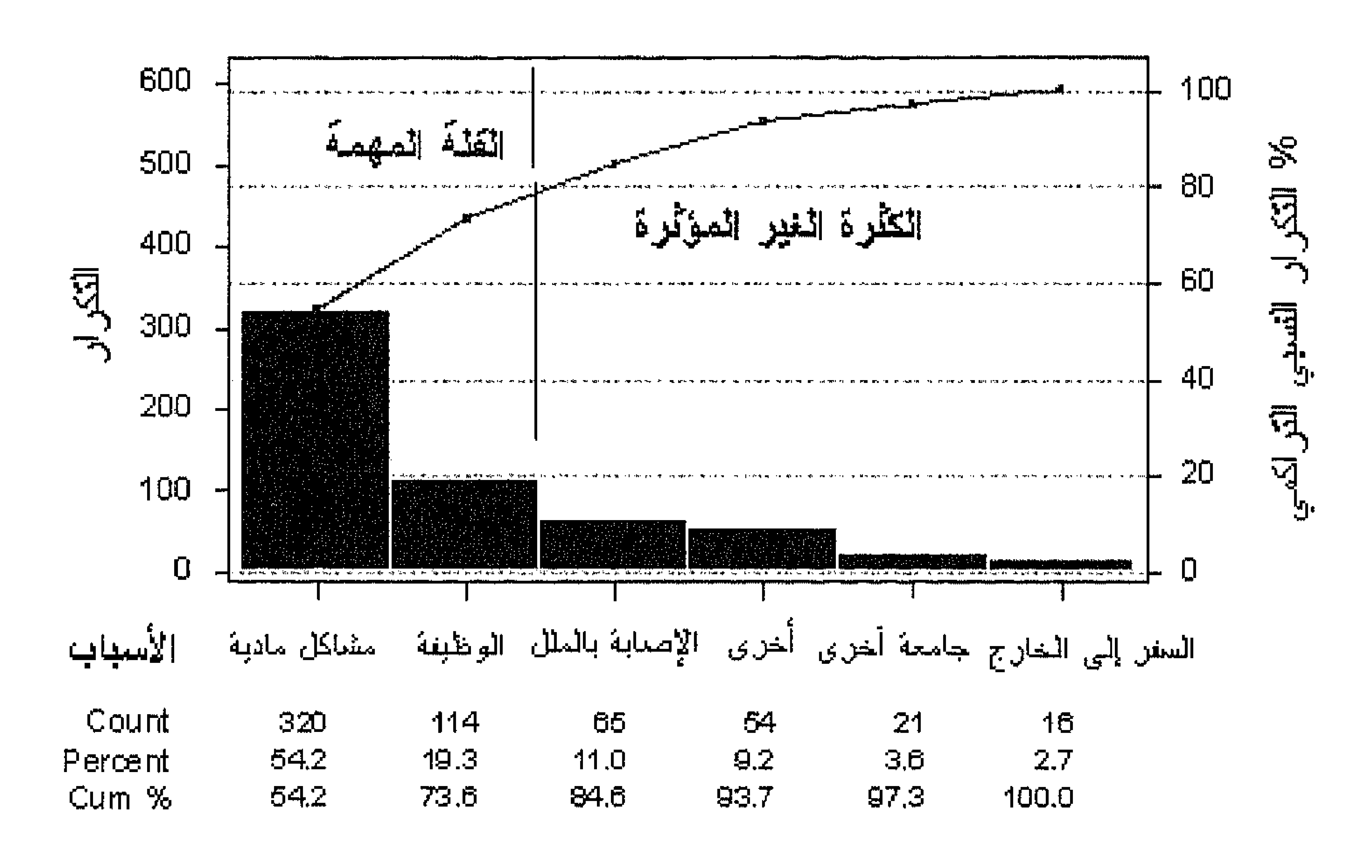
يعتبر مخطط (أو خريطة) باريتو تمثيلا بيانيا للمشاكل الموجودة في العملية الإنتاجية أو الخدمية، فمن خلال هذه التقنية يمكن ترتيب المشكلات ترتيبا تنازليا من الأكثر حدوثا إلى الأقل، أي حسب أهميتها وتكرار حدوثها. إذا من خلال خريطة باريتو يمكن للفريق العامل على الجودة تحديد أهم المشكلات وأبلغها أثرا على الجودة وبالتالي التركيز على حلها أولا. قام بتطوير هذه التقنية عالم الجودة جوزيف جوران (Juran) بناء على مبدأ أساسي يطبق على الكثير من العمليات الإنتاجية والخدمية،

والذي يعود إلى العالم الإقتصادي الإيطالي فيلفريدو باريتو(Pareto). يقوم هذا المبدأ الذي يرمز له بقانون ٢٠/٨٠ على أن نسبة ٨٠% من مشاكل العملية (أو مشاكل جودة المنتجات أو الخدمات) تعود إلى ٢٠% من العوامل والأسباب. ويرمز العالم جوران إلى هذا القانون بعبارة (*The vital few and the trivial many*) أي "القلة المهمة والكثرة غير المهمة أو العادية". فمن خلال هذه التقنية يمكن التركيز على تحديد القلة المهمة والمؤثرة على العملية والمتمثلة في ٢٠% من الأسباب وبالتالي يمكن التخلص من ٨٠% من مشاكل العملية. ويشير العالم جوران إلى نسبة ٢٠% بالقلة المهمة (The vital few) والتي يجب أن تحدد لإحداث ٨٠% من التحسينات في العملية. إضافة إلى هذا فإن التجربة العملية أثبتت أنه بحل القلة المهمة من المشكلات يمكن التخلص من الكثير من بقية المشكلات ذات الأهمية الأقل بطريقة تلقائية. ويعبر اليابانيون على هذا المفهوم بعبارة (*Slay the Dragons first*) أي "ابدأ بقتل التنينات أولا".

ولتوضيح هذه التقنية سنقوم بعرض مثالا لمشكل تسرب طلبة المستوى الأول في إحدى الجامعات حيث قامت إدارة الجامعة بعمل استبيان لتحديد أسباب تسرب الطلبة، وحصلت على النتائج الموضحة في الجدول (٢-٢)، ومن خلال إجراء تحليل باريتو لهذه البيانات تم عمل الخريطة الموضحة على الشكل (٢-٩) حيث نلاحظ عزيزي القارئ أن هناك سببين رئيسين في تسرب الطلبة من الجامعة وهما المشكلات المادية وحصول الطالب على وظيفة. من خلال خريطة باريتو ومن هنا نقول أن هذين السببين يمثلان القلة المهمة حيث يساهمان بنسبة ٧٣.٦% من إجمالي المتسربين من الجامعة وعلى الإدارة أن تعمل على إيجاد الحلول المناسبة لها.

التكرار النسبي %	التكرار	أسباب التسرب
54.2	320	أسباب مادية للطالب
3.6	21	حصل الطالب على فرصة في جامعة أخرى
19.3	114	حصل الطالب على وظيفة
11.0	65	الطالب أصابه الملل من محيط الجامعة
2.7	16	يسافر الطالب للدراسة أو العمل في الخارج
9.2	54	أسباب أخرى
100	590	المجموع

الجدول ٢–٢ نتائج دراسة أسباب عملية تسرب الطلبة من الجامعة



الشكل ٢–٩ خريطة باريتو لعملية تسرب الطلبة من الجامعة

٥-٢ الاستعمالات العملية لخريطة باريتو

لخريطة باريتو عدة استعمالات في مجال حل المشكلات (Problem solving) وتحسين العمليات (Process Improvement) يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

أ) التركيز على الحالات الحرجة والمؤثرة على سير العمليات وهذا بترتيبها حسب أهميتها وتكرارها، فمثلا يمكن التركيز على إيجاد المقرر الدراسي الذي يسبب أكبر الصعوبات لطلبة المستوى الأول في قسم التسويق ؟ أو ما هو العيب الموجود في المنتج X والذي يسبب أكبر عدد من شكاوي العملاء والزبائن؟

ب) الترتيب حسب الأولوية للمشاكل الموجودة في العملية والمؤثرة على جودة المنتج أو الخدمة وهذا قصد التركيز عليها في برنامج تحسين الجودة، فمثلا يمكن تحديد أنواع شكاوي العملاء الأكثر وقوعا في خدمة بنك ما.

ت) تحليل المشكلات وأسبابها عن طريق جمع البيانات عن العملية وترتيبها.

ث) تحليل ودراسة العملية الإنتاجية أو الخدمية قبل وبعد إجراء عمليات التحسين عليها. فمثلا يمكن دراسة أثر التحسينات في العملية على التقليل من عدد الوحدات المعيبة. أو الإجابة على مثل السؤال التالي: ما هي أكثر الشكاوي تكرارا قبل وبعد تعيين مدير الجودة الجديد في المنشأة؟

٥-٣ الخطوات العملية لرسم خريطة باريتو

لعمل خريطة باريتو نتبع الخطوات الأساسية التالية:

الخطوة ١: نقوم بتحديد أصناف المشكلات الموجودة في العملية ونبدأ بجمع البيانات عنها. عادة ما نستعمل في هذه الخطوة تقنية قوائم الاختبار التي قمنا بشرحها في الفقرة السابقة.

الخطوة ٢ : نحدد المدة الزمنية التي سنجمع فيها البيانات، ويجب أن تكون هذه المدة (ساعة، أو يوم، أو أسبوع إلى غير ذلك) كافية لتجميع بيانات تدل على ما يقع في العملية بدقة وبحيث يمكن كذلك التأكد منها عن طريق إعادة عملية جمع البيانات إذا دعت الضرورة إلى ذلك.

الخطوة ٣: من قوائم الاختبار نقوم بتجميع عدد التكرارات (frequency) في كل فئة من فئات الأسباب أو المشكلات ونسجل قيمها (f_i).

الخطوة ٤ : نقوم بترتيب فئات المشكلات حسب تكرارها من الأكثر تكرارا إلى الأقل، ونقوم بحساب كل من التكرار النسبي (Relative Frequency) والتكرار النسبي التراكمي (Cumulative Relative Frequency) (f_{ci}) لكل فئة. نوجه عناية الدارس الكريم إلى الفقرة ٥ من الفصل الثالث، أين نبين كيفية حساب التكرار النسبي والتكرار النسبي التراكمي.

الخطوة ٥: نقوم برسم الخريطة حيث يكون على محور السينات أنواع المشكلات وتكون مرتبة من الأكبر تكرارا إلى الأقل تكرارا من اليسار إلى اليمين، ويمثل محور ص تكرار الفئات. هنا يجب أن نلاحظ أنه بالإمكان استعمال محورين للصاد، حيث يستعمل الأول (على اليسار) لتحديد قيم التكرار في حين نستعمل الثاني ويكون على اليمين لتحديد قيم التكرار التراكمي وهذا ما قمنا بتوضيحه من خلال الشكل (٢-٩). بعد تحديد وعمل المحاور نقوم برسم تكرار الفئات على شكل مدرج تكراري، أي أنه بالنسبة لكل فئة يرسم عمودا يكون ارتفاعه مساويا لتكرار تلك الفئة، أما بالنسبة للتكرار التراكمي، فنقوم برسم خط متصل يمثل التكرار التراكمي لكل فئة.

الخطوة ٦: تحليل الخريطة وهذا بالتركيز على تحديد القلة المؤثرة على العملية. في هذه الخطوة يجب أن نجيب عن أسئلة من النوع التالي:

- ما هي أكبر المشكلات الموجودة في العملية؟ أو بمعنى آخر، ما هي أكثر المشكلات حدوثا في العملية ؟
- ماذا سنستفيد من حلها وما هي التحسينات التي يمكن الحصول عليها؟
- ماذا سيكلفنا عدم حل هذه المشكلات؟

٥-٤ مثال عملي عن استخدام تحليل باريتو في مجال جودة الخدمات

قرر مدير أحد الفنادق السياحية البدء في استعمال التقنيات السبع الأساسية للجودة لمراقبة وتحسين جودة خدمات فندقه بعد أن لاحظ تزايدا في شكاوي نزلاء الفندق خلال الثلاثة أشهر الأخيرة، فقام بجمع هذه الشكاوي لتحليلها والاستفادة منها ورصد النتائج على الجدول (٢-٣). من خلال هذا المثال سنقوم بمساعدة المدير على تحليل هذه البيانات باستعمال خريطة باريتو.

من خلال تطبيق تحليل باريتو على هذه البيانات سنحاول أن نساعد مدير الفندق في تحديد الأماكن التي يجب أن يركز عليها لإحداث تحسينات مهمة على جودة الخدمة في الفندق. إلى هذه النقطة فإن الخطوات ١ إلى ٣ قد تمت ونبدأ عملنا من الخطوة ٤، أي أننا نقوم بترتيب الشكاوي حسب أهميتها (أي تكرارها) وكذلك نقوم بحساب كل من التكرار النسبي والتكرار النسبي التراكمي لكل نوع وهذا ما نحصل عليه في الجدول (٢-٤).

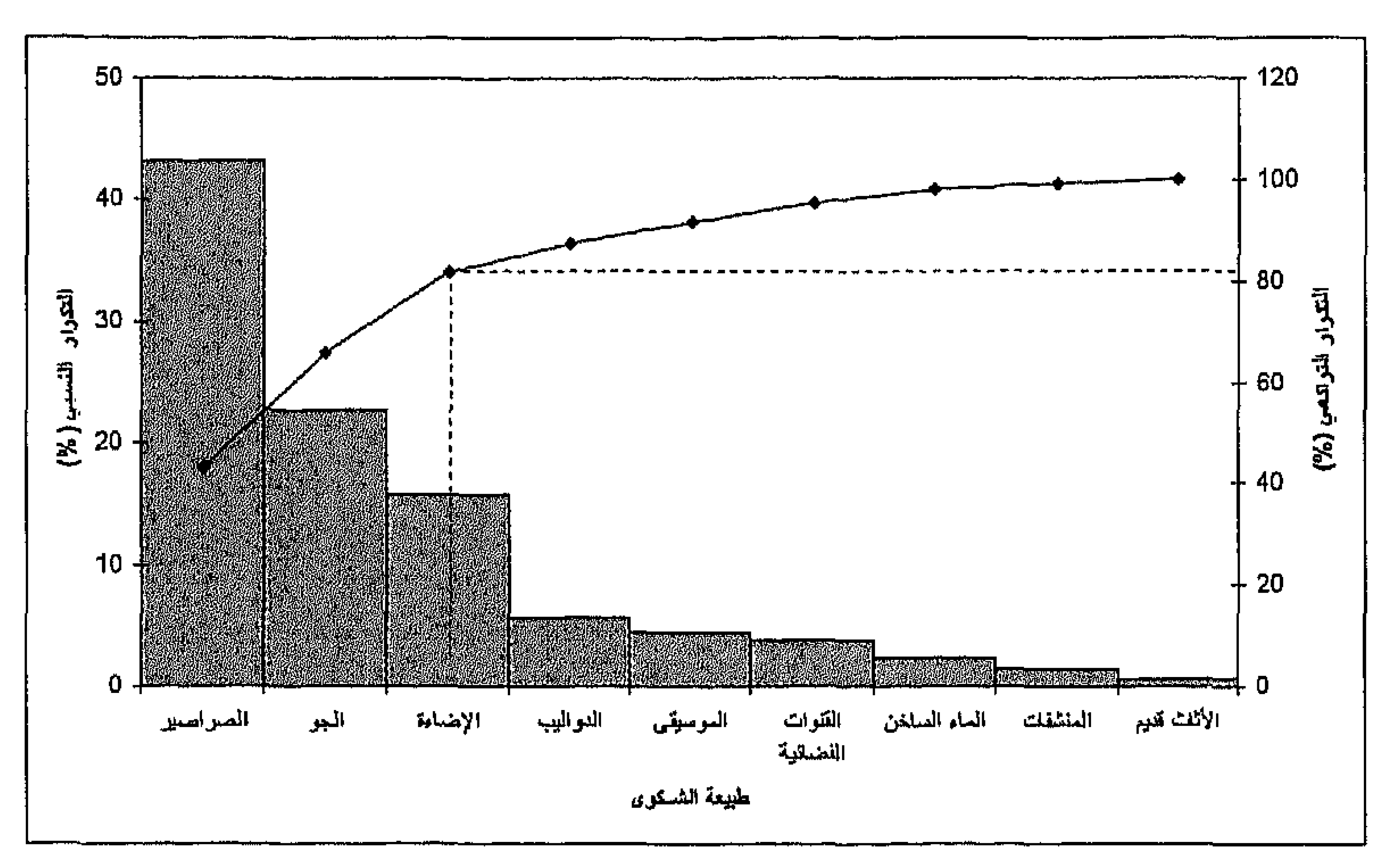
نقوم بعد ذلك برسم خريطة باريتو لهذه البيانات كما هو موضح على الشكل (٢-١٠). من خلال هذه الخريطة يتبين بوضوح أن هناك ٣ مشاكل رئيسية تتسبب في ٨١.٦٧% من شكاوي العملاء في الفندق وهي وجود الصراصير، وعدم ملائمة جو الغرف وسوء الإضاءة وعلى مدير الفندق تركيز جهده على حل هذه المشكلات لإحداث ٨١% من التحسينات في خدمة الفندق.

نوع وطبيعة شكوى العميل	عدد شكاوي نزلاء الفندق في كل شهر			المجموع
	يناير	فبراير	مارس	
موسيقى الملهى عالية في الليل	30	50	17	97
الماء الساخن غير كاف	23	20	11	54
المنشفات صغيرة وسمكها غير مناسب	12	8	12	32
الإضاءة قليلة في الغرفة	175	100	75	350
استقبال القنوات الفضائية سيئ	10	13	60	83
الأثاث قديم وغير نظيف	1	4	10	15
دواليب حفظ الملابس غير مناسبة	25	52	50	127
جو الغرفة غير مناسب	300	110	95	505
وجود صراصير	324	265	373	962

الجدول ٢-٣ شكاوي عملاء الفندق خلال الثلاثة أشهر الأخيرة

نوع وطبيعة شكوى العميل	التكرار	التكرار النسبي %	التكرار التراكمي %
وجود صراصير في الغرف	962	43.24	43.24
جو الغرفة غير مناسب	505	22.70	65.94
الإضاءة قليلة	350	15.73	81.67
دواليب الملابس غير مناسبة	127	5.71	87.37
موسيقى الملهى عالية في الليل	97	4.36	91.73
استقبال القنوات سيئ	83	3.73	95.46
الماء الساخن غير كاف	54	2.43	97.89
المنشفات صغيرة	32	1.44	99.33
الأثاث قديم وغير نظيف	15	0.67	100.00
المجموع	2225	100.00	

الجدول ٢-٤ ترتيب شكاوي عملاء الفندق حسب الأهمية (تحليل باريتو)



الشكل ٢-١٠ خريطة باريتو للعملية الخدمية في الفندق السياحي

٥-٥ تحليل باريتو على برنامج الإكسل (Pareto Analysis with Excel)

في هذه الفقرة سنعمل على نفس بيانات الفندق السياحي. نقوم أولا بفتح ورقة أكسل جديدة ونبدأ بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (٢-١١) حيث نقوم بإدخال أنواع الشكاوي في العمود (A) ومن ثم أعداد الشكاوي لكل شهر في الأعمدة C,D, E .

نقوم بعد ذلك بحساب مجموع الشكاوي الخاصة بكل نوع بحيث نبدأ بالنوع الأول ثم نضع النتيجة في الخانة (F5) ونستعمل لها الصيغة الحسابية SUM(C5:E5) كما هو موضح على الشكل (٢-١٢).

Microsoft Excel - Pareto_hotel

ملف تحرير عرض إدراج تنسيق أدوات بيانات إطار تعليمات OmniPage

	A	B	C	D	E
1	كتاب ضبط الجودة		د. محمد عيشوني		
2	خريطة باريتو لخدمة الفندق السياحي				
3					
4	١ - حساب تكرار كل فئة				
5	نوع و طبيعة شكوى العميل	المشكل	جانفي ٢٠٠٦	فبراير-٠٦	مارس-٠٦
6	موسيقى الملهى عالية جدا في الليل	الموسيقى	30	50	17
7	الماء الساخن غير كاف	الماء الساخن	23	20	11
8	المنشفات صغيرة و سمكها غير مناسب	المنشفات	12	8	12
9	الإضاءة قليلة	الإضاءة	175	100	75
10	استقبال القنوات الفضائية سيء	القنوات الفضائية	10	13	60
11	الأثاث قديم و غير نظيف	الأثاث قديم	1	4	10
12	دواليب حفظ الملابس غير مناسبة	الدواليب	25	52	50
13	جو الغرفة غير مناسب	الجو	300	110	95
14	وجود صراصير في الغرف	الصراصير	324	265	373
15	المجموع				
16					

الشكل ٢-١١ إدخال البيانات الخاصة بعدد شكاوي العملاء في الفندق السياحي

Microsoft Excel - Pareto_hotel

ملف تحرير عرض إدراج تنسيق أدوات بيانات إطار تعليمات OmniPage

SUM(C6:E6)

	A	B	C	D	E	F
1	كتاب ضبط الجودة		د. محمد عيشوني			
2	خريطة باريتو لخدمة الفندق السياحي					
3						
4	١ - حساب تكرار كل فئة					
5	نوع و طبيعة شكوى العميل	المشكل	جانفي ٢٠٠٦	فبراير-٠٦	مارس-٠٦	المجموع
6	موسيقى الملهى عالية جدا في الليل	الموسيقى	30	50	17	SUM(C6:E6)
7	الماء الساخن غير كاف	الماء الساخن				
8	المنشفات صغيرة و سمكها غير مناسب	المنشفات				
9	الإضاءة قليلة	الإضاءة				
10	استقبال القنوات الفضائية سيء	القنوات الفضائية				
11	الأثاث قديم و غير نظيف	الأثاث قديم				
12	دواليب حفظ الملابس غير مناسبة	الدواليب				
13	جو الغرفة غير مناسب	الجو				
14	وجود صراصير في الغرف	الصراصير				
15	المجموع					
16						
17	٢ - ترتيب أنواع الشكاوي حسب الأهمية					
18						
19	نوع و طبيعة شكوى العميل	المشكل				

وسائط الدالة

SUM

Number1 C6:E6 = {30,50,17}

Number2 =

= 97

جمع كافة الأرقام الموجودة في نطاق من الخلايا.

Number1: number1;number2;... من ١ إلى ٣٠ رقماً ليتم جمعها، يتم تجاهل القيم المنطقية والنصوص في الخلايا، وتضمن إذا كتبت كوسائط.

ناتج الصيغة = 97

تعليمات حول هذه الدالة   موافق   إلغاء الأمر

الشكل ٢-١٢ حساب مجموع الشكاوي من النوع الأول

وبعد ذلك نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية الأنواع وهذا بجر الفأرة مضغوطة من الخانة (F6) إلى الخانة (F13) ونقوم كذلك بحساب المجموع الكلي لعدد الشكاوي باستعمال الصيغة الحسابية ((F14=SUM(F5:F13) ونحصل على نفس النتائج المسجلة في الجدول (٢-٣).

قصد ترتيب أنواع الشكاوي نقوم بنسخ ولصق البيانات في جدول ثان بحيث لا نسجل إلا أنواع الشكاوي والمجموع (أي تكرار كل فئة)، ونقوم بعد ذلك بترتيبها حسب أهميتها من الأكثر إلى الأقل تكرارا وهذا عن طريق شريط الأدوات من قائمة "بيانات" ثم "فرز" ، "المجموع" و"تنازلي" كما هو موضح على الشكل (٢-١٣). نحسب التكرار النسبي لكل نوع من أنواع الشكاوي ونضع النتائج في العمود (D) بحيث نحسب التكرار النسبي للفئة الأولى باستعمال الصيغة الحسابية (D20=100*C20/2225) ومن ثم نحسب التكرار النسبي لبقية الأنواع وهذا بتطبيق نفس الصيغة الحسابية على بقية الخانات أي من (D21) إلى (D28).

Microsoft Excel - Pareto hotel

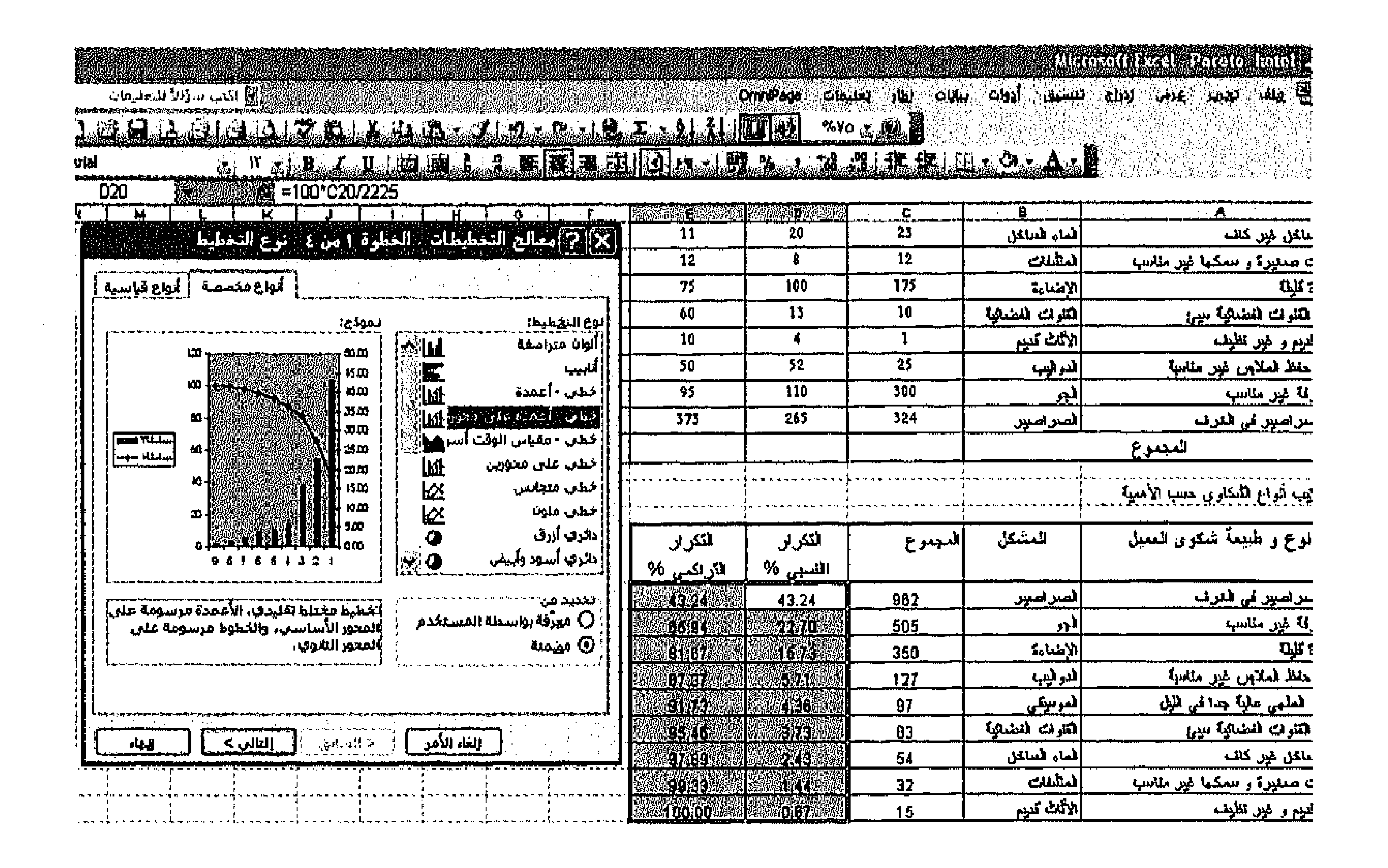
وجود صراصير في الغرف

	A	B	C	D	E	F
13	جو الغرفة غير مناسب	الجو	300	110	95	505
14	وجود صراصير في الغرف	الصراصير	324	265	373	962
15	المجموع					2225
17	٢ - ترتيب أنواع الشكاوي حسب الأهمية					
19	نوع و طبيعة شكوى العميل	المشكل	المجموع			
20	وجود صراصير في الغرف	الصراصير	962			
21	جو الغرفة غير مناسب	الجو	505			
22	الإضاءة قليلة	الإضاءة	350			
23	دواليب حفظ الملابس غير مناسبة	الدواليب	127			
24	موسيقى الملهى عالية جدا في الليل	الموسيقى	97			
25	استقبال القنوات الفضائية سيئ	القنوات الفضائية	83			
26	الماء الساخن غير كاف	الماء الساخن	54			
27	المنشفات صغيرة و سمكها غير مناسب	المنشفات	32			
28	الأثاث قديم و غير نظيف	الأثاث قديم	15			
29	المجموع		2225			
31	٣ - عمل خريطة باريتو					

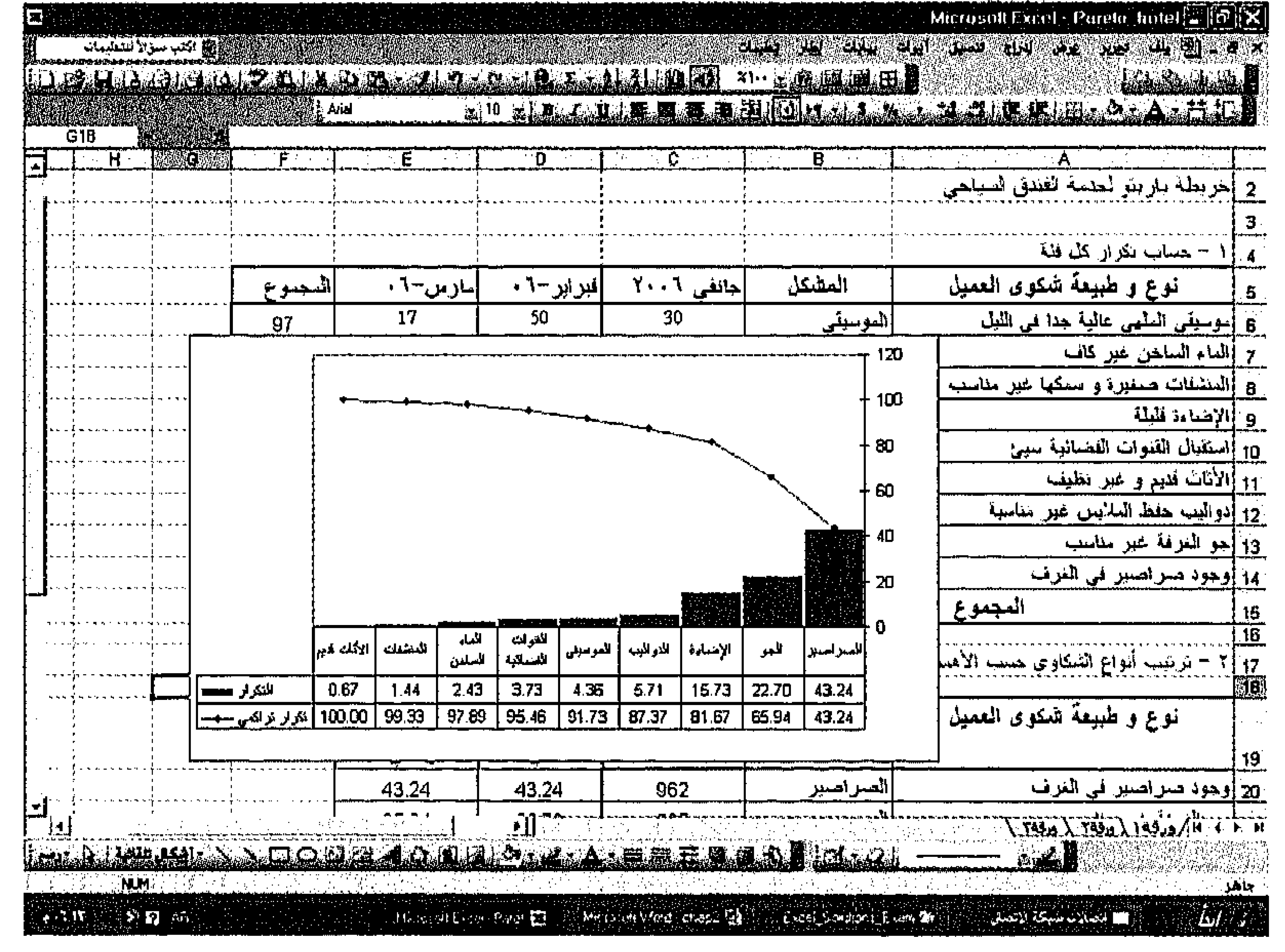
فرز
فرز حسب: المجموع — تصاعدي / تنازلي
ثم حسب — تصاعدي / تنازلي
ثم حسب — تصاعدي / تنازلي
التحديد: يحتوي صف رأس / لا يحتوي صف رأس
خيارات... موافق إلغاء الأمر

الشكل ٢-١٣ ترتيب أنواع الشكاوي حسب التكرار

ولحساب التكرار التراكمي لكل نوع، نقوم أولا بتسجيل قيمة التكرار النسبي للنوع الأول على الخانة E20 ونحسب التكرار التراكمي للنوع الثاني في الخانة E21 وهذا حسب الصيغة الحسابية (E21=D21+E20) ومن ثم نطبق نفس الصيغة على بقية خانات العمود (E). ونحصل من هذه العملية على النتائج المسجلة في الجدول (٢-٤). في الخطوة التالية نقوم بعمل خريطة باريتو وهذا باستعمال معالج التخطيطات أين نختار أنواع مخصصة ويكون نوع التخطيط "خطي – أعمدة على محورين" كما هو موضح على الشكل (٢-٤١-أ). بعد إجراء التنسيقات المناسبة للتخطيط وكتابة العناوين (الشكل ٢-٤١-ب) نحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٢-٤١-ب) والذي يمثل خريطة باريتو لجودة الخدمة في الفندق السياحي.



– أ – إدخال البيانات وإستعمال معالج التخطيطات لرسم خريطة باريتو



– ب – رسم خريطة باريتو

الشكل ٢–١٤ خطوات عمل خريطة باريتو على برنامج الميكروسفت إكسل

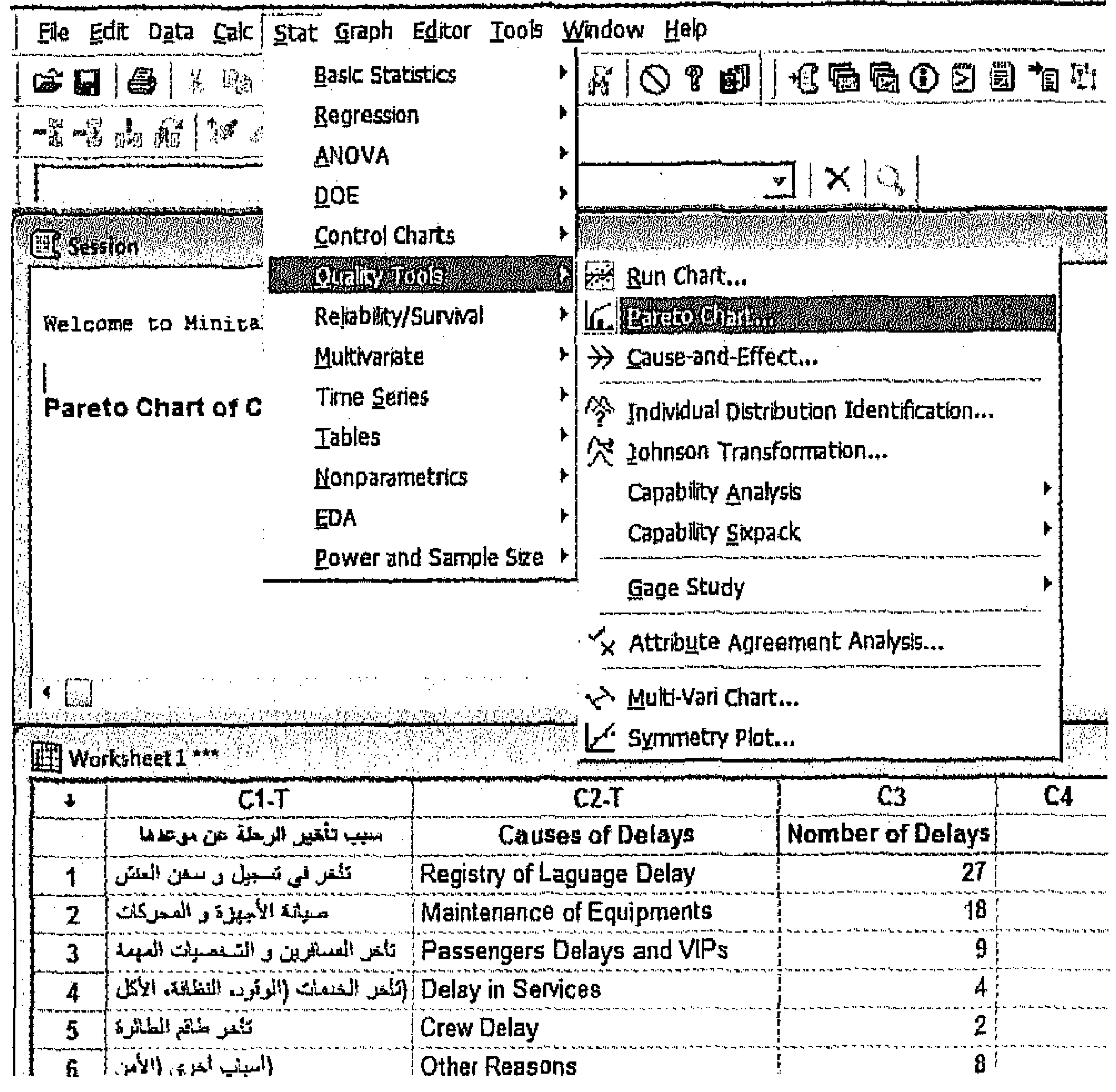
٥-٦ تحليل باريتو بإستخدام برنامج المينيتاب (Pareto Analysis with (Minitab

يوضح المثال التالي كيفية إستخدام برنامج المينيتاب في إجراء تحليل باريتو في مجال تحسين جودة المنتجات والخدمات. ففي إطار تطبيق نظام إدارة الجودة الشاملة على عملياتها، قررت إدارة أحد المطارات الدولية تحسين مستوى خدماتها سعيا وراء تقديم أحسن الخدمات وأجودها إلى عملائها حيث لاحظت إدارة المطار أن هناك عددا متزايدا من الرحلات المتأخرة عن مواعيدها المبرمجة وقررت البحث عن الأسباب والعمل على إزالتها من العملية. قام فريق التحسين الذي يضم كلا من مدير الجودة وخدمة العملاء بإحصاء عدد الرحلات المتأخرة عن موعدها خلال الستة أشهر الأخيرة وأسبابها وتحصل على النتائج الموضحة على الجدول (٢-٥).

سبب تأخير الرحلة عن موعدها	عدد الرحلات المتأخرة
تأخر في تسجيل وشحن العفش	27
صيانة الأجهزة والمحركات	18
تأخر المسافرين والشخصيات المهمة	9
تأخر الخدمات (الوقود، النظافة، الأكل)	4
تأخر طاقم الطائرة	2
أسباب أخرى (الأمن)	8
المجموع	**68**

الجدول ٢-٥ أسباب تأخر الرحلات عن موعدها في المطار

نقوم أولا بإدخال البيانات على برنامج المينيتاب ثم من قائمة (Stat) نقوم بإختيار (Quality Tools) ثم نختار (Pareto Chart) كما هو موضح على الشكل (٢-١٥-أ).



↓	C1-T	C2-T	C3	C4
	سبب تغيير الرحلة عن موعدها	Causes of Delays	Nomber of Delays	
1	تأخر في تسجيل و شحن العفش	Registry of Laguage Delay	27	
2	صيانة الأجهزة و المحركات	Maintenance of Equipments	18	
3	تأخر المسافرين و الشخصيات المهمة	Passengers Delays and VIPs	9	
4	تأخر الخدمات (الوقود، النظافة، الأكل)	Delay in Services	4	
5	تأخر طاقم الطائرة	Crew Delay	2	
6	أسباب أخرى (الأمن)	Other Reasons	8	

– أ – إدخال البيانات وخطوات مخطط باريتو

Pareto Chart

Chart defects data in:
BY variable in: (optional)
Default (all on one graph, same ordering of bars)
One group per graph, same ordering of bars
One group per graph, independent ordering of bars

Chart defects table
Labels in: 'Causes of Del
Frequencies in: 'Nomber of Del

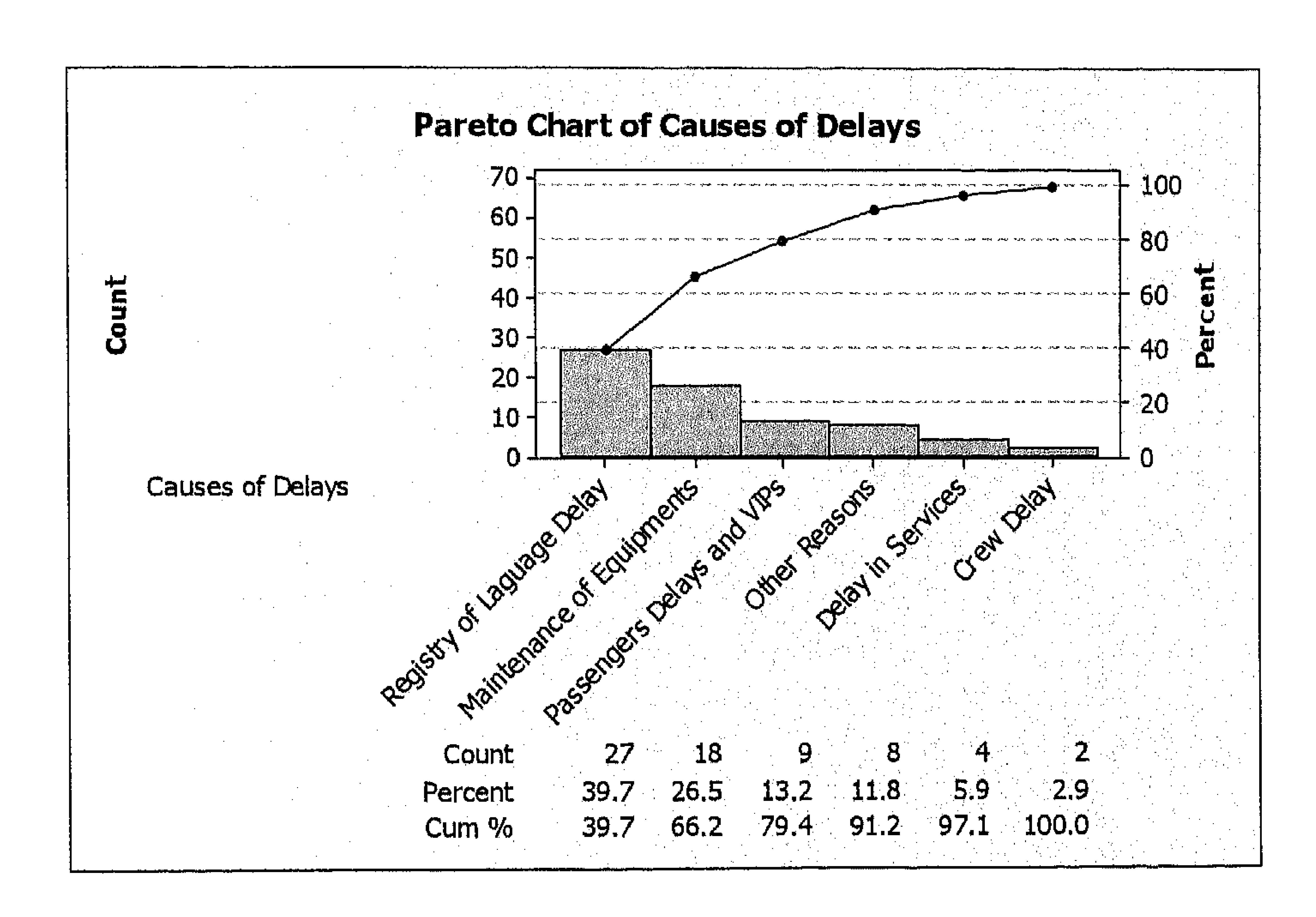
Combine defects after the first 99 % into one

Select | Options...
Help | OK | Cancel

– ب – تحديد بيانات المثال

الشكل ٢-١٥ خطوات عمل مخطط باريتو على برنامج المينيتاب

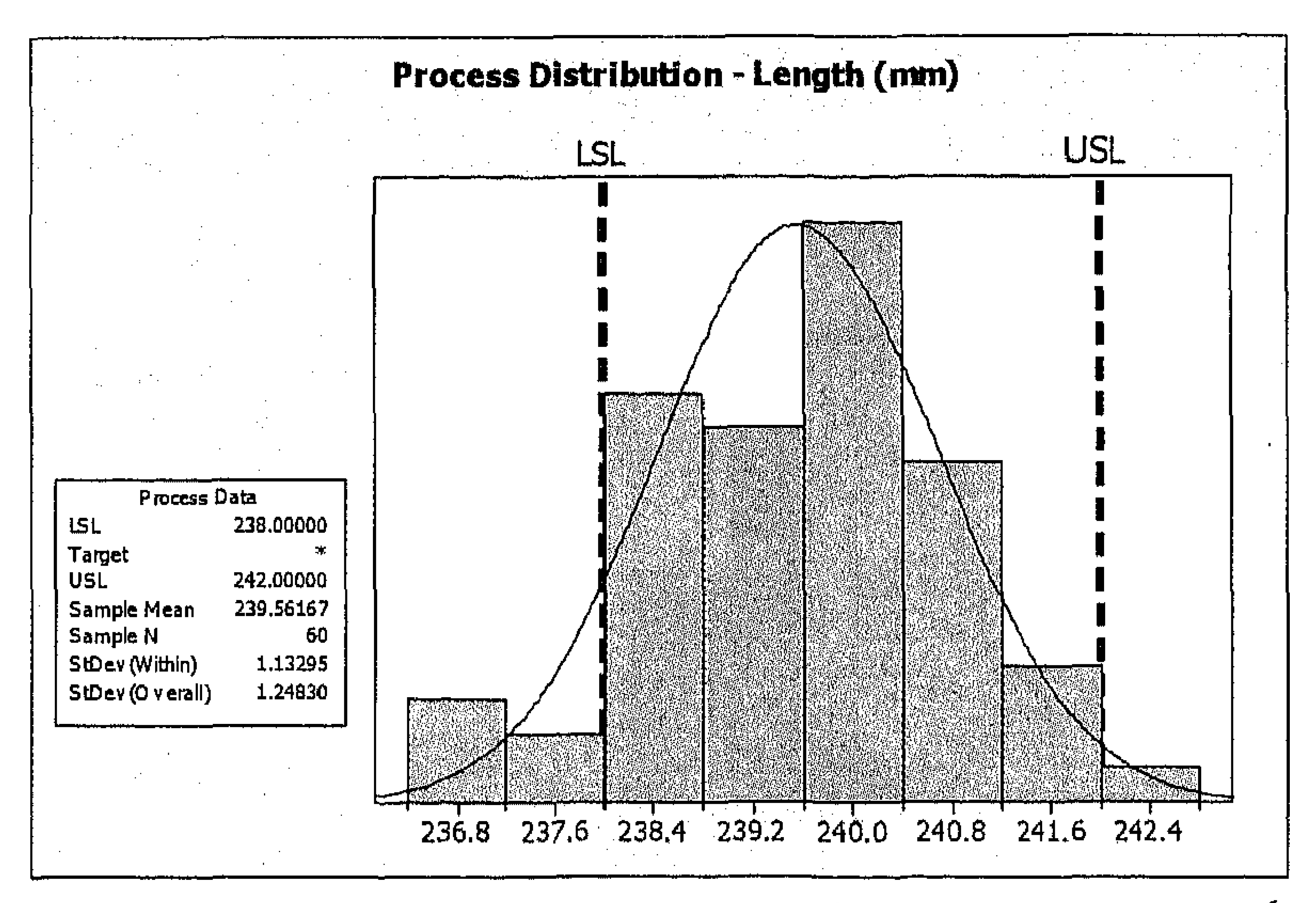
من نافذة الحوار المفتوحة (Pareto Chart) نختار (Chart Defect Table)، نقوم باختيار بيانات المثال بالضغط على خيار (Select)، كما يجب ملاحظة إعطاء قيمة "٩٩" في خانة (Combine remaining defects into one category after this percent) كما هو موضح على الشكل (٢-١٥-ب). بإختيار أيقونة (OK) نحصل على مخطط باريتو الموضح على الشكل (٢-١٦) والذي يبين بوضوح أن ثلثي (٢/٣) المواعيد المتأخرة تعود إلى سببين رئيسين وهما تسجيل العفش وشحنه، وصيانة الأجهزة والمحركات ومن خلال هذا التحليل يتضح أيضا أنه على إدارة المطار التركيز على تحسين هذين الجانبين في خدماتها وإجراء التحسينات المناسبة في كل من قسم تسجيل وشحن العفش وقسم الصيانة.



الشكل ٢-١٦ تحليل باريتو لأسباب تأخر الرحلات عن موعدها عن طريق المينيتاب

٦ المدرج التكراري (Histograms)

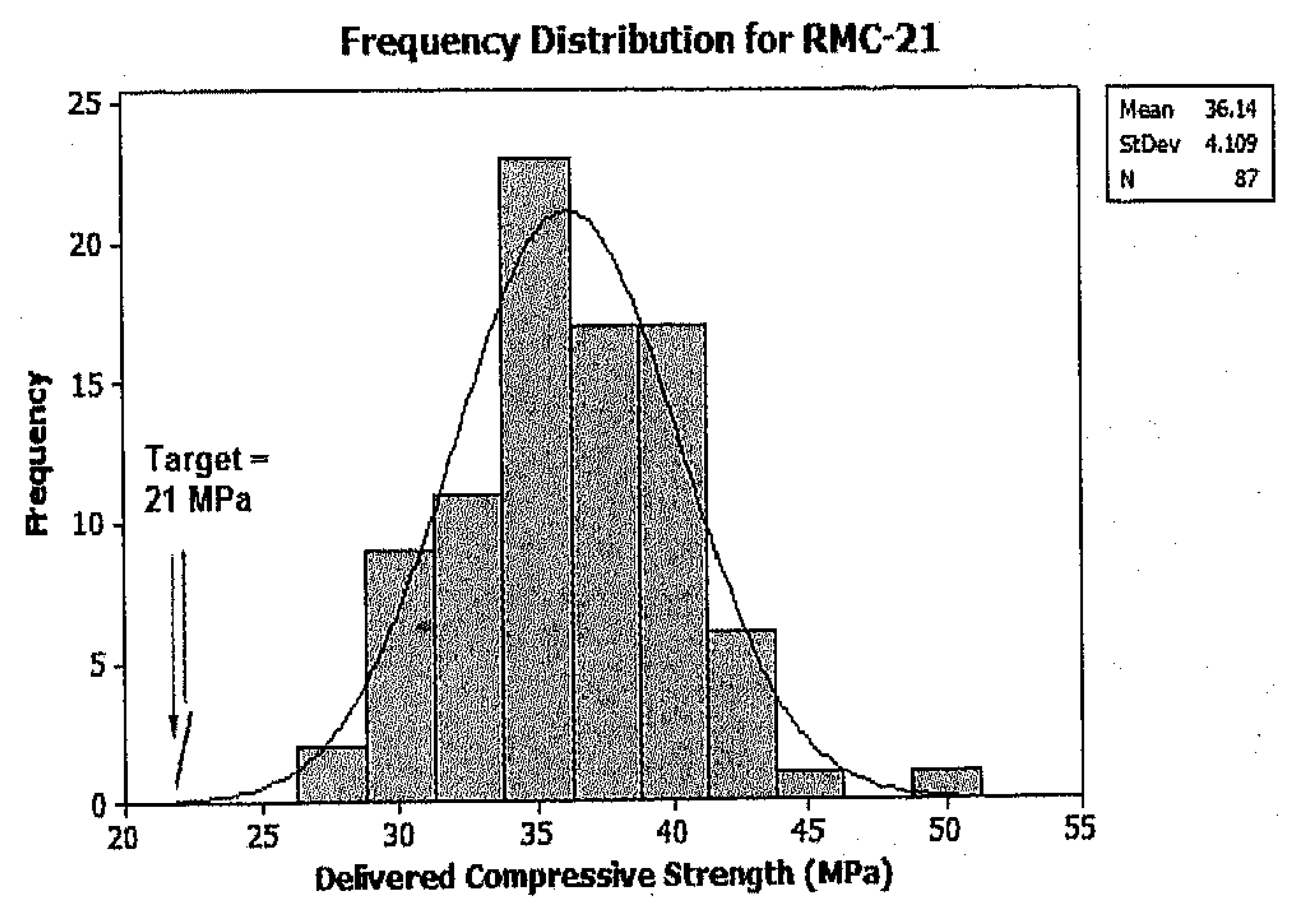
يعتبر المدرج التكراري (أو ما يعرف أيضا بالتوزيع التكراري) من أهم وأنجع الأدوات والتقنيات المستعملة في ضبط الجودة ومراقبة العمليات، فعن طريق هذه التقنية يمكن تصنيف بيانات العملية إلى عدة فئات وحساب تكرارها وعمل التوزيع للعملية ومن خلالها يمكن استخلاص معلومات مهمة عن جودة المنتج أو الخدمة مثل القيمة المتوسطة للبيانات، ومقدار الاختلافات في البيانات وتشتتها وكذا الحكم على جودة العملية مقارنة بالمواصفات ومتطلبات العميل (Specifications and Customer requirements). يوضح الشكل (٢-١٧) مثالا لمدرج تكراري لعملية تصنيعية لإحدى الشركات العالمية التي توضح توزيع المنتج مقارنة مع حدود المواصفات (USL, LSL).



الشكل ٢-١٧ المدرج التكراري لعملية تصنيعية مع حدود مواصفات المنتج (نتيجة برنامج المينيتاب)

وللمزيد من التوضيح ندرج هنا مثالا عن إستعمال تقنية المدرج التكراري لدراسة جودة الخرسانة الجاهزة التي تستعمل في أحد المشاريع الإنشائية في الجامعة

ومدى مقدرة العملية الإنتاجية لهذه المادة على تحقيق مواصفات التصميم التي لا يخفى على القارئ الكريم مدى أهميتها بالنسبة لأمن وسلامة المبنى مستقبلا. تمثل خاصية الجودة هنا مقاومة الخرسانة للضغط ((Compressive Strength (MPa) والتي تم الحصول على نتائجها لمجموعة من العينات تم اختبارها في مختبر الجودة بعد ٢٨ يوما. يمثل الشكل (٢-١٨) التوزيع التكراري لمقاومة الضغط للعملية الإنتاجية والذي يوضح أن كل الخرسانة المنتجة التي تم ضخها في المشاريع تفوق مواصفة التصميم (Target Compressive Strength = 21 MPa) وهذا ما يدل على أن متطلبات العميل قد تم استيفائها في كل الحالات. إلا أن المتأمل في التوزيع يلاحظ أن هناك تغيرات واختلافات كبيرة في الخرسانة وهذا ما يدل على وجود أسباب في العملية الإنتاجية تؤدي إلى هذه الاختلافات ومنه فعلى فريق تحسين الجودة العمل على البحث عن الأسباب المؤدية إلى ذلك بهدف تقليل الإختلافات مع المحافظة على جودة الخرسانة.



الشكل ٢-١٨ التوزيع التكراري لعملية إنتاج الخرسانة الجاهزة في أحد مشاريع الجامعة.

إنه من الضروري أن نؤكد هنا أن هذه الأداة فعالة في دراسة توزيع العمليات الإنتاجية والخدمية وتحليل مقدرتها على تحقيق مواصفات التصميم ومتطلبات العميل، فهي تندرج ضمن الأدوات التي تستعملها فرق التحسين في عمليات التحسين المستمر للعمليات سواء في إطار فلسفة إدارة الجودة الشاملة أو الستة سيجما. ونظرا لأهمية هذه الأداة في مختلف المجالات فسوف نفردها بإذن الله بفصل خاص وسنقوم بتقديم استعمال هذه الأداة في دراسة مقدرة العمليات (Process Capability Analysis) في الفصل السادس بإذن الله.

٧ مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)

٧-١ المفهوم العام لمخطط السبب والنتيجة

بعد جمع البيانات عن العملية أو المشكلة التي نود دراستها، وتحليل هذه البيانات عن طريق مخطط باريتو أو تقنية التوزيع التكراري يكون قد حان الوقت لدراسة أسباب الاختلافات والتباينات التي نلاحظها في العملية وكذلك الأسباب المؤدية إلى ظهور تلك العيوب في المنتج أو الأخطاء المتحصل عليها في الخدمة.

البيانات المجمعة عن العملية تؤكد وتوضح مفهوم الاختلافات والتغيرات الموجودة في كل العمليات سواء كانت إنتاجية أو خدمية (Process variability)، بمعنى أن هناك اختلافات في خصائص المنتج من خط إنتاج إلى آخر ، أو من فترة إلى أخرى وكذلك هناك اختلافات في خصائص الخدمة المقدمة من فرع بنك إلى آخر أو من موظف إلى آخر في نفس الفرع. وتعود أسباب هذه الاختلافات إلى التغيرات الطبيعية (Natural variations) والتغيرات ذات الأسباب الخاصة (Assignable causes

variations) التي قد تطرأ على العملية وعلى مكوناتها الرئيسة والتي يمكن تلخيصها في العناصر التالية (5M&E):

- المواد الخام (Materials)
- الآلات والمعدات (Machines)
- العمالة الفنية (Man or People)
- طرق وأساليب العمل (Methods)
- عمليات القياس والفحص (Measurements)
- البيئة والظروف المحيطة بالعملية كالحرارة والرطوبة (Environment)

عند دراسة التغيرات في العمليات الإنتاجية والخدمية عادة ما نواجه مشكلة في تحديد أي هذه العناصر الستة له الدور الأكبر في مشاكل العملية، أو هل هناك تداخل بين بعض هذه العناصر للتأثير على جودة العملية وسيرها الحسن؟ وما هي أوجه التداخل بينها ؟ وما مدى تأثيرها على العملية؟ فمن خلال استعمال مخطط السبب والنتيجة يمكن لنا تصنيف الأسباب المؤدية إلى التغيرات في العملية أو المنتج وكذلك تحديد العلاقة بين مختلف هذه الأسباب. ويعرف مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) كذلك بمسمى مخطط إيشيكاوا (Ishikawa Diagram) نسبة للعالم الياباني كوارو إيشيكاوا (Kaoru Ishikawa) الذي قام بتطوير هذه التقنية في عام ١٩٤٣. كما تعرف أيضا هذه التقنية بمخطط عظم السمكة (Fishbone Diagram) وهذا لشكله الذي يشبه عظم السمكة، والهدف الأساسي من استعمال هذه التقنية هو تعريف المشكلات في العملية (أو الهدف المرجو تحقيقه)، وتحديد الأسباب المؤثرة عليها ومن ثم التركيز على هذه الأسباب لتطوير الحلول المناسبة وطرح مقترحات تحسين العملية.

٧-٢ استعمالات مخطط السبب والنتيجة في العمليات الإنتاجية والخدمية

يعتبر مخطط السبب والنتيجة من أنجع أدوات الجودة التي لاقت استعمالات عدة في مجال حل مشاكل العمليات والتحسين المستمر لها والتي تندرج في برامج إدارة الجودة الشاملة التي تبنتها كبرى الشركات العالمية في مجالات التصنيع والخدمات، ومن أهم الاستعمالات هذه التقنية نذكر ما يلي:

أ) تسمح هذه التقنية بالبحث عن أهم الأسباب المؤدية إلى حدوث تغيرات في العملية والتي تسبب مشاكل في جودة مخرجاتها، فمثلا عن طريق هذه التقنية يمكن البحث عن الأسباب التي حالت دون الإجابة عن المكالمات الهاتفية لعملاء منشأة أو إدارة ما، وكذلك الإجابة عن أسئلة مهمة مثل : لماذا بدأت تظهر أعداد كبيرة من المنتجات المعيبة في خط الإنتاج في الآونة الأخيرة؟ أو ما هي الأسباب الحقيقية وراء تأخر الرحلات الجوية عن موعدها في المطار الدولي س؟

ب) من خلال هذا المخطط يمكن لنا تحديد العلاقة بين مختلف التغيرات التي تطرأ على العملية ومخرجاتها والأسباب المؤدية إلى ذلك.

ت) يمكن من خلال هذا المخطط التعرف أكثر على سير العملية وأدائها.

٧-٣ الخطوات العملية لعمل مخطط السبب والنتيجة

يلاحظ أنه بإمكان أي شخص ملم بتقنيات الجودة وله دراية بسير العملية المراد دراستها أن يجلس في مكتبه ويعمل مخطط السبب والنتيجة دون أدنى إشكال ولكن علماء الجودة يرون أن الحكمة، و"الحكمة ضالة المؤمن"، تتبع الخطوات العملية التالية:

الخطوة ١ - يجب أن يعمل المخطط في إطار عمل جماعي للفريق (Team work) وفي حلقة لعصف الأفكار (أو العصف الذهني) (Brainstorming).

الخطوة ٢ – تتم عملية بناء المخطط في إطار منظم لتجميع الأفكار بحيث يجب أن تكون المشكلة المدروسة والأسباب المؤدية إليها واضحة لجميع أفراد الفريق.

الخطوة ٣ – تستعمل وسيلة عمل جماعية لتوضيح الأفكار كأن نستعمل مثلا سبورة عمل أو ورقة كبيرة تلصق على الجدار لرسم الخريطة على مرأى من جميع أعضاء الفريق، ويستحسن أن يقوم فرد من الفريق بعملية كتابة المخطط على السبورة.

الخطوة ٤ – نقوم برسم مربع على أقصى اليمين ونسجل فيه المشكلة التي نود دراستها أو الهدف المراد تحقيقه وهذا ما يمثل النتيجة التي يجب أن نبحث عن الأسباب المؤدية إليها، ثم نرسم خطا أفقيا من مربع النتيجة إلى أقصى اليسار (الشكل ٢-١٩ (١)).

الخطوة ٥ – نقوم بتصنيف الأسباب الرئيسية المؤدية إلى النتيجة (أو المشكلة المدروسة). هنا نرجع إلى القائمة التي قمنا بشرحها سابقا والتي نرمز إليها بالإنجليزية (5M&E) والتي تدل على العناصر الأساسية لكل العمليات الصناعية والخدمية وهي طرق العمل (Methods) ، المواد (Materials) ، الآلات (Machines) ، عمليات القياس والفحص (Measurements)، العمالة (Man/People) والبيئة والمحيط (Environment).

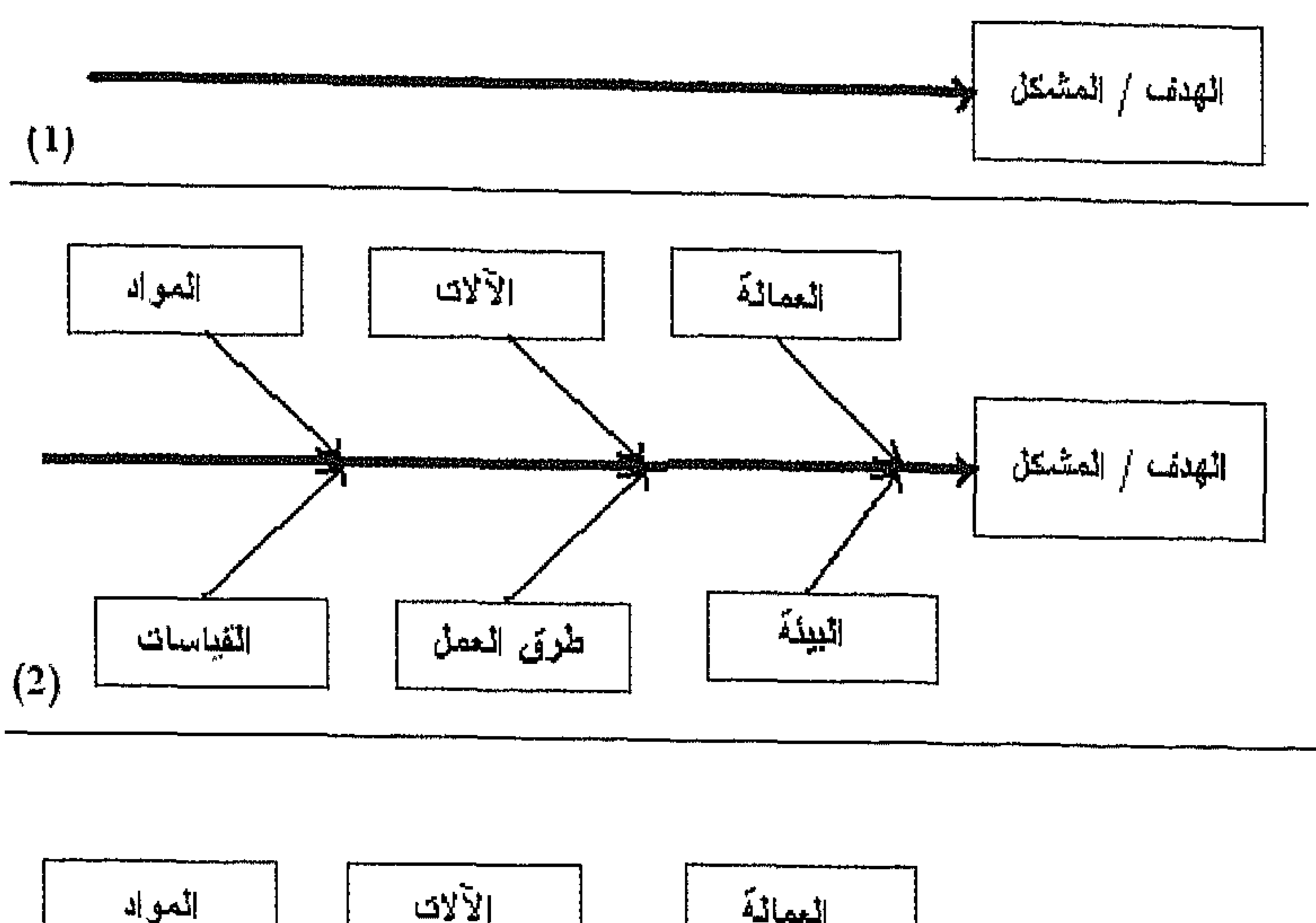
الخطوة ٦ – نكتب هذه الأسباب الرئيسية على مربعات مرسومة على اليسار كما هو موضح في الشكل (٢-١٩(٢)).

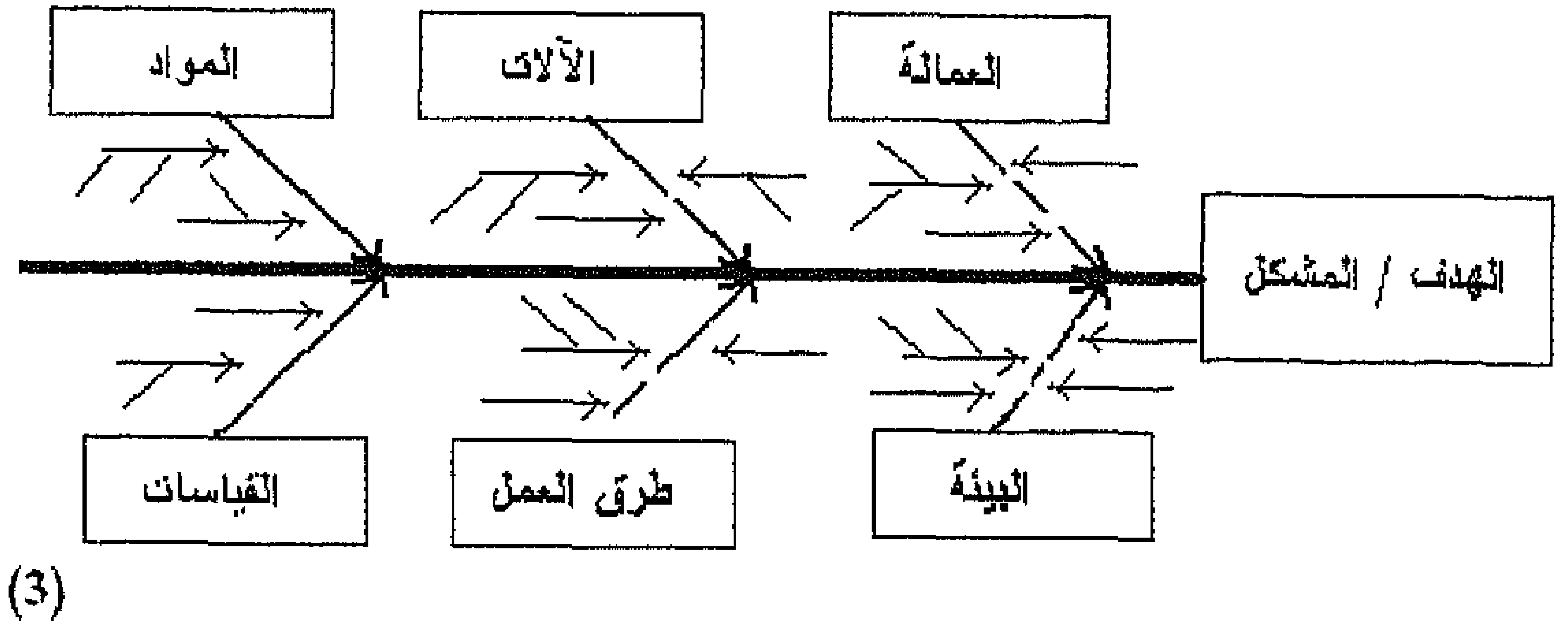
الخطوة ٧ – يقوم الفريق بالبحث عن الجذور الخفية للأسباب الرئيسية (Root cause analysis). كما ترسم أسهم للأسباب الرئيسية وتتفرع منها أسهم متعددة للأسباب الفرعية مقسمة إلى عدة مستويات. يسمح هذا التحليل إلى الوصول إلى أصل وجذور المشكلات المؤدية إلى سوء جودة العملية. يمكن أن نلاحظ هنا أن البحث عن الحلول السريعة للمشاكل لا يسمح بالوصول إلى هذا المستوى من

التحليل وبالتالي لا يمكن اكتشاف هذه الأسباب التي عادة ما تكون مندرجة تحت أغطية مختلفة (الشكل ٢-١٩(٣)).

الخطوة ٨ – بعد إتمام رسم المخطط، على الفريق أن يبحث عن أهم الأسباب المؤثرة على المشكلة المدروسة. عمليا نقوم بتصنيف جميع الأسباب المتحصل عليها إلى ٣ فئات (A, B, C) بحيث يحتوي الصنف (A) على الأسباب التي يتفق جميع أعضاء الفريق على أنها مؤثرة جدا على المشكلة، ويحتوي الصنف (B) على الأسباب المؤثرة ولكن بدرجة أقل في حين يجمع الصنف (C) تلك الأسباب التي يوجد فيها نوع من الشك في أثرها على المشكلة المدروسة.

الخطوة ٩ – من أجل التوصل إلى حلول جذرية للمشكلة المدروسة يتوجب علينا التركيز على الأسباب التي تم تصنيفها في الفئة (A) بحيث يقوم الفريق العامل على المخطط الاتفاق على الإجراءات التصحيحية المناسبة. قد يتطلب الأمر جمع بيانات إضافية عن العملية وتحليلها باستعمال إحدى التقنيات الأساسية للجودة التي قمنا بشرحها في الفقرات السابقة مثل تقنية قوائم الاختبار (Check sheets).





الشكل ٢-١٩ كيفية عمل مخطط السبب والنتيجة

للبحث عن جذور الأسباب المؤدية إلى حدوث مشكلة ما، خلال عمل مخطط السبب والنتيجة يستحسن استعمال تقنية أخرى من تقنيات الجودة والتي تعرف بتقنية علامات الاستفهام الخمس (5Whys) حيث نقوم بطرح سؤال يبدأ بـ"لماذا" خمس مرات متتالية حتى نتمكن من الوصول إلى جذور المشكلات. وعن طريق طرح هذه الأسئلة الخمسة بشكل متتابع يمكن الوصول إلى أصل المشكلة وجذورها وبالتالي تعبئة بيانات الفروع في المخطط. وكما تم ذكره سالفا، فإن عمل مخطط السبب والنتيجة يكون خلال حلقة للعصف الذهني (Brainstorming) والتي تعتبر بحد ذاتها

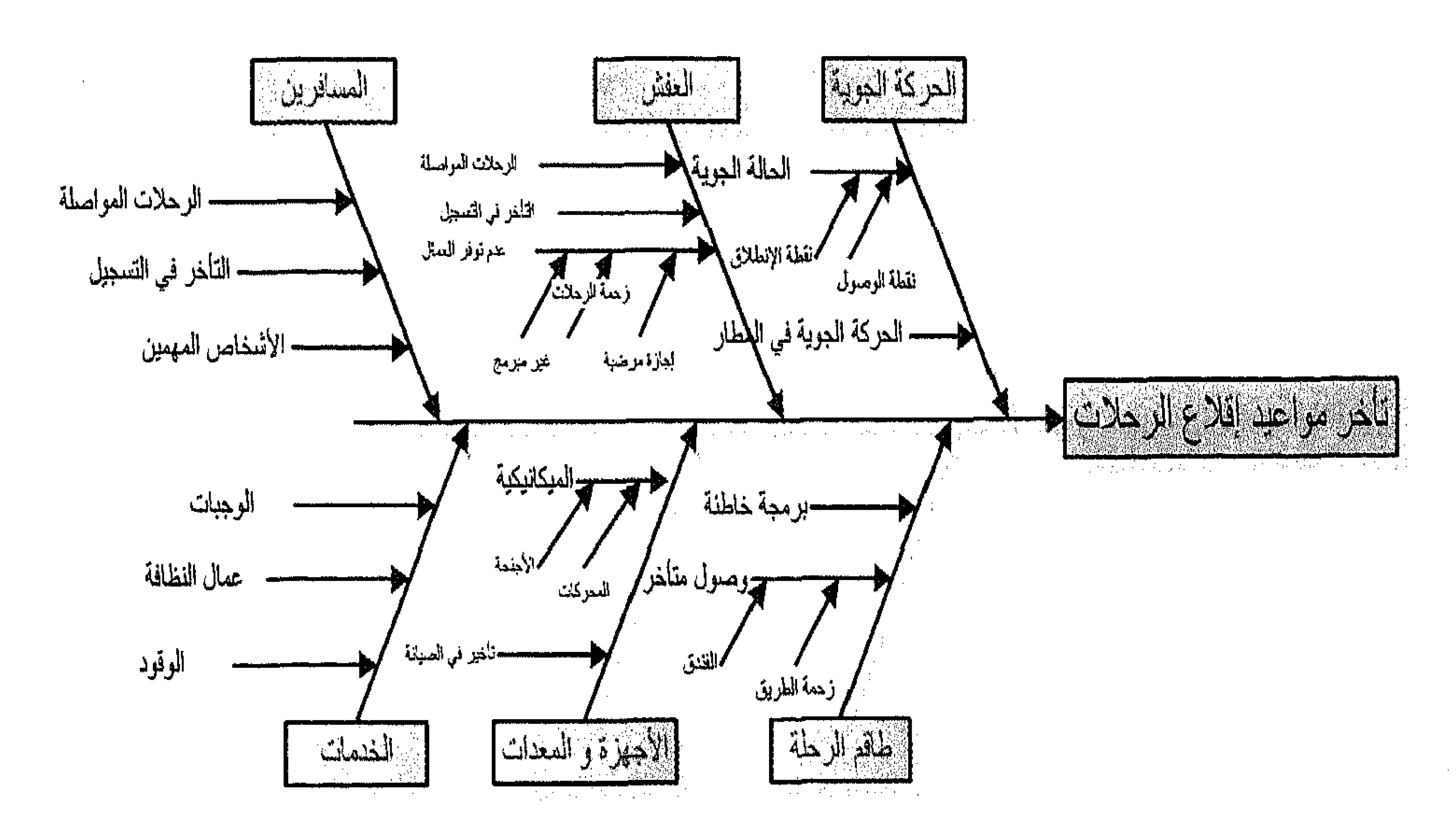
تقنية من تقنيات الجودة والتحسين المستمر للعمليات ومنه يتعين علينا أن نعرف قوانين العصف الذهني والتي يمكن تلخيصها في النقاط الأساسية التالية:

- ابحث عن الأفكار من الناحية الكمية، (أي العددية) ولا تكترث بنوعيتها في هذه المرحلة.
- التأكيد على مشاركة كل أعضاء الفريق، كل في دوره دون أن ينفرد عضو بالمناقشة وسرد الأفكار.
- شجع الأفكار الإبداعية.
- لا تناقش، لا تنتقد ولا تحاول تقييم أي فكرة مطروحة.
- حاول البناء على الأفكار المطروحة.
- مرر دورك إذا لم تكن لديك أي فكرة تطرحها وفكر في فكرة إبداعية للمرة القادمة.

ملاحظة مهمة : يوجد في سلسلة برامج الميكروسفت أوفيس (Microsoft Office 2003) برنامج الميكروسفت فيزيو (Microsoft Visio 2003) الذي يتوفر على إمكانيات رائعة لعمل مخطط عظم السمكة، وينصح باستعماله في رسم المخطط بعد الفراغ من عمله في حلقة العصف الذهني لفريق العمل .

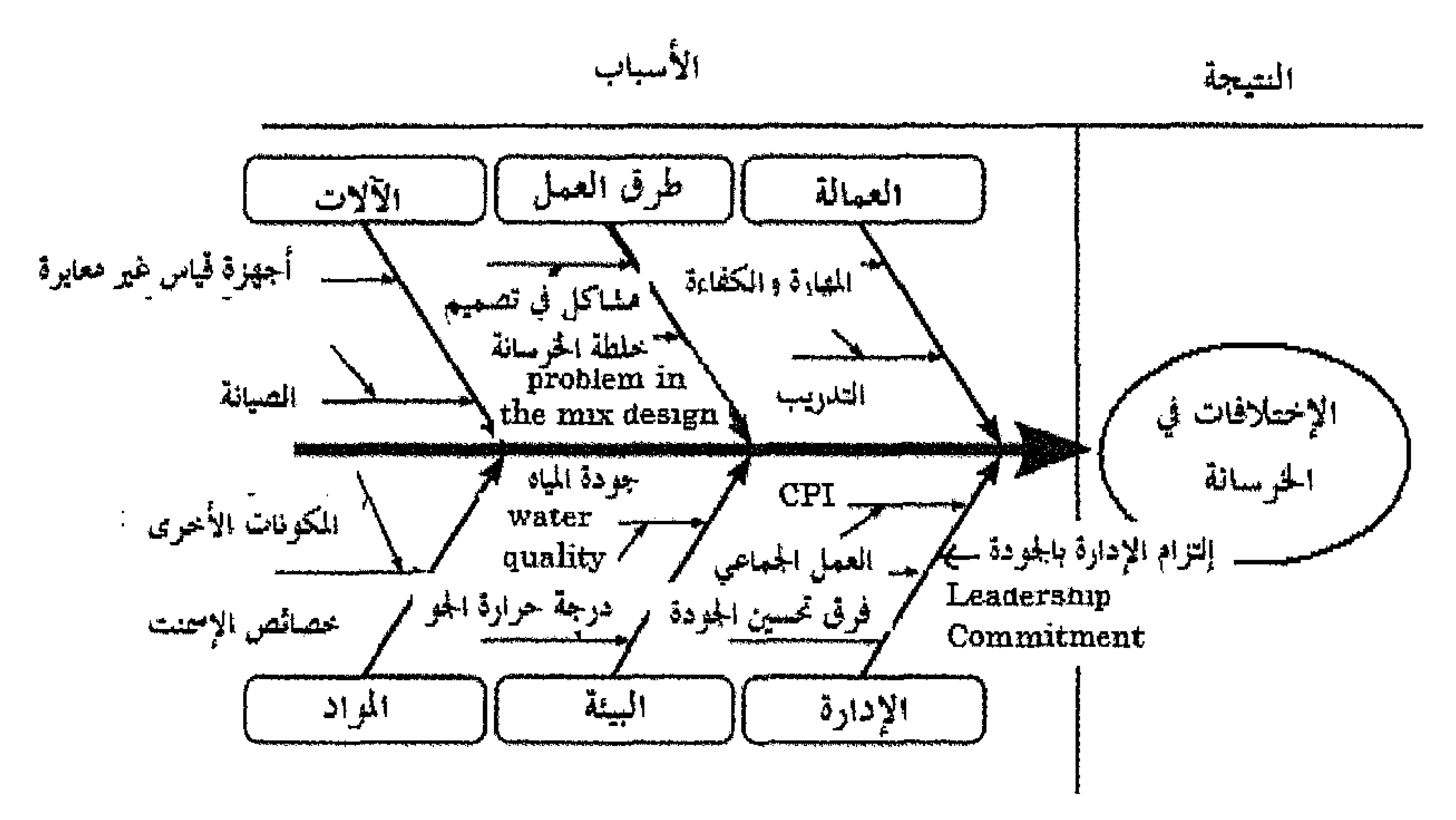
٧-٤ مثال عملي عن مخطط السبب والنتيجة

يبين الشكل (٢-٢٠) مخطط إيشيكاوا لدراسة مشكلة تأخر مواعيد إقلاع الرحلات في المطار الدولي الذي تم عرضه في الفقرة (٥-٦) من هذا الفصل. من خلال هذا المثال يمكن لك عزيزي القارئ أن تلاحظ أن مخطط السبب والنتيجة يوضح جليا جدوى وفعالية تمكين ومشاركة جميع العمال في العملية (The Value of every associate) والذي يمثل أحد العناصر الأساسية في برنامج إدارة الجودة الشاملة (TQM) وهذا ما وضحناه في الفصل الأول. إن دور العامل أو الموظف البسيط القائم على عملية شحن العفش في الرحلات سيكون مؤثرا جدا على جودة خدمة المطار إضافة إلى ذلك فقد تكون لدى هذا العامل البسيط أفكارا تطويرية يمكن أن تحسن العملية بشكل إيجابي جدا وأن هذه الأفكار قد لا تكون لدى كبار المدراء والاستشاريين.



الشكل ٢-٢٠ مخطط السبب والنتيجة للتأخر في مواعيد إقلاع الطائرات

كنا أشرنا في الفقرة السابقة إلى مثال العملية الإنتاجية للخرسانة الجاهزة والتي أظهر التوزيع التكراري وجود تغيرات وإختلافات كبيرة في المنتج مما يمكن إعتباره فرصة جيدة للتحسين في العملية الإنتاجية وتقليل الهدر في المواد (الإسمنت) وتوفير الكثير من المال. من خلال تحليل إيشيكاوا وعمل مخطط السبب والنتيجة لمشكلة الإختلافات في خصائص الخرسانة والموضح على الشكل (٢-٢١) يمكن إستنتاج مجموعة من الأسباب الكامنة ضمن العملية والتي تلعب دورا رئيسيا في إحداث التغيرات في الخرسانة ولعل منها سوء التدريب لدى العمال، وعدم معايرة أجهزة القياس والوزن المستعملة في إنتاج الخرسانة إضافة إلى بعض الأسباب ذات العلاقة بعملية تصميم خلطة الخرسانة. وبناء على هذا التحليل فإنه على إدارة المصنع أن تعمل على توفير برامج تدريب (Training programs) للعمال لتزويدهم بالمهارات الضرورية في مجال عملهم وكذلك مهارات الجودة والتحسين المستمر للعمليات بالإضافة إلى عمل برامج صيانة دورية للأجهزة والمعدات ومعايرة وفحص أجهزة القياس (Calibration).



الشكل ٢-٢١ مخطط السبب والنتيجة للإختلافات والتغيرات الملاحظة في الخرسانة الجاهزة المستعملة في أحد المشاريع الإنشائية

٨ مخطط التبعثر أو الانتشار (Scatter Diagram)

٨-١ مفهوم مخطط التبعثر واستعمالاته

مخطط التبعثر هو أحد أدوات ضبط الجودة والمراقبة الإحصائية للعمليات ويستعمل لتحليل البيانات بطريقة بيانية يمكن من خلالها البحث عن علاقة محتملة أو متوقعة بين متغيرين. أهم استعمالات هذه الأداة في مجال الجودة نذكر ما يلي:

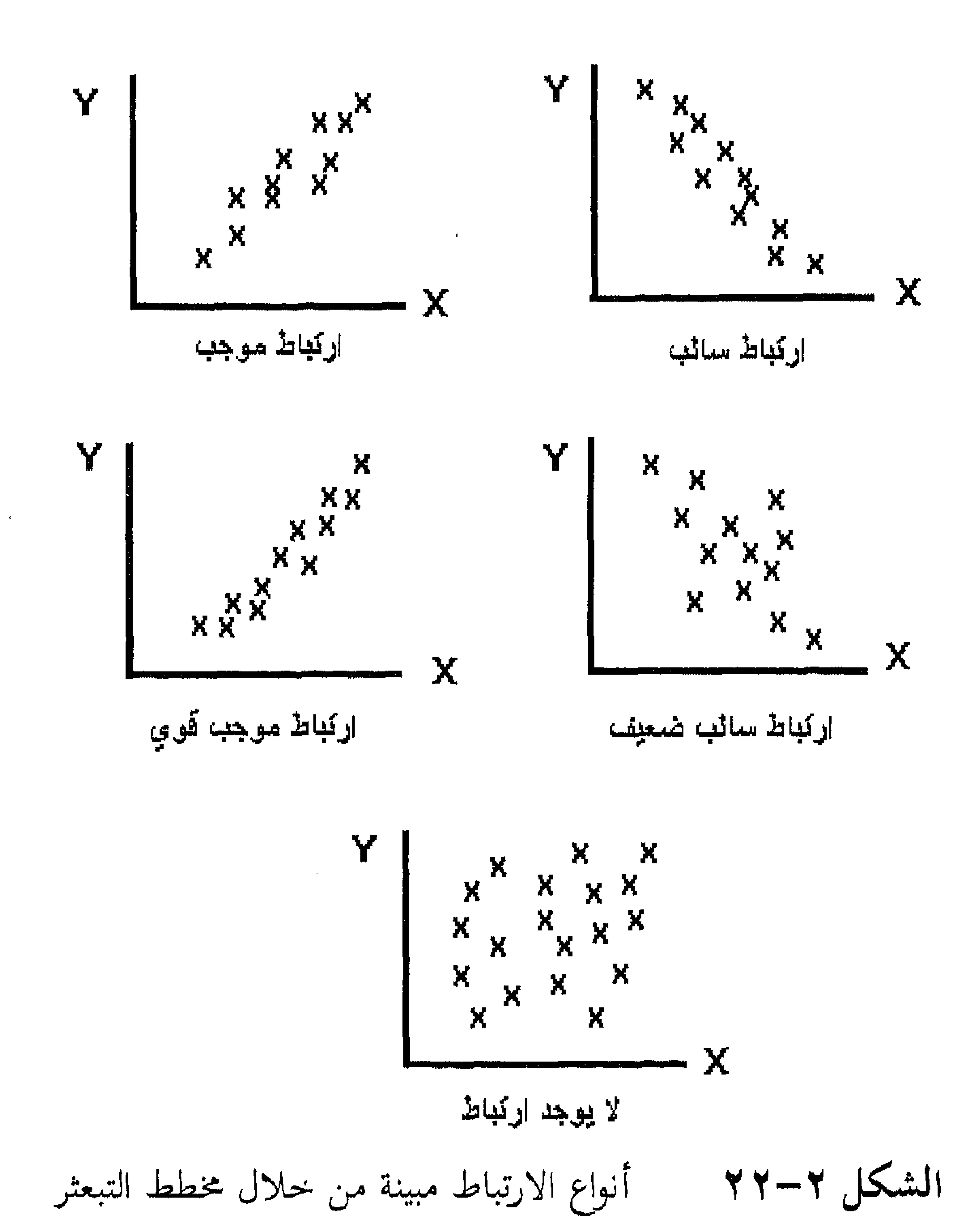
أ) البحث والكشف عن علاقة السبب والنتيجة بين متغيرين اثنين. مثال هل هناك علاقة بين سرعة إنجاز العامل لعمله وعدد العيوب في خط الإنتاج؟ أو عدد ساعات التدريب التي تحصل عليها الموظف وعدد الأخطاء التي يقع فيها؟

ب) توضيح نوع العلاقة بين المتغيرين، أي هل العلاقة بينهما تعد ارتباطا موجبا (Positive correlation) أو ارتباطا سالبا (Negative correlation). مثال على ذلك: محاولة معرفة كيف تتغير الفترة الضرورية للمريض حتى يشفى من مرضه مع عمره؟

ت) معرفة قوة الارتباط بين المتغيرين كأن نرى مدى ارتباط عدد الأخطاء التي يرتكبها الناسخ على جهاز الكمبيوتر مع سرعة الكتابة.

الشكل (٢-٢٢) يوضح بعض الحالات لمخطط التبعثر والتي تبين أنواع الارتباط بين متغيرين (X) و(Y) وهي على التوالي:

- ارتباط موجب (positive correlation)
- ارتباط سالب (negative correlation)
- ارتباط قوي (strong correlation)
- ارتباط ضعيف (weak correlation)
- لا يوجد ارتباط (No correlation)



الشكل ٢-٢٢ أنواع الارتباط مبينة من خلال مخطط التبعثر

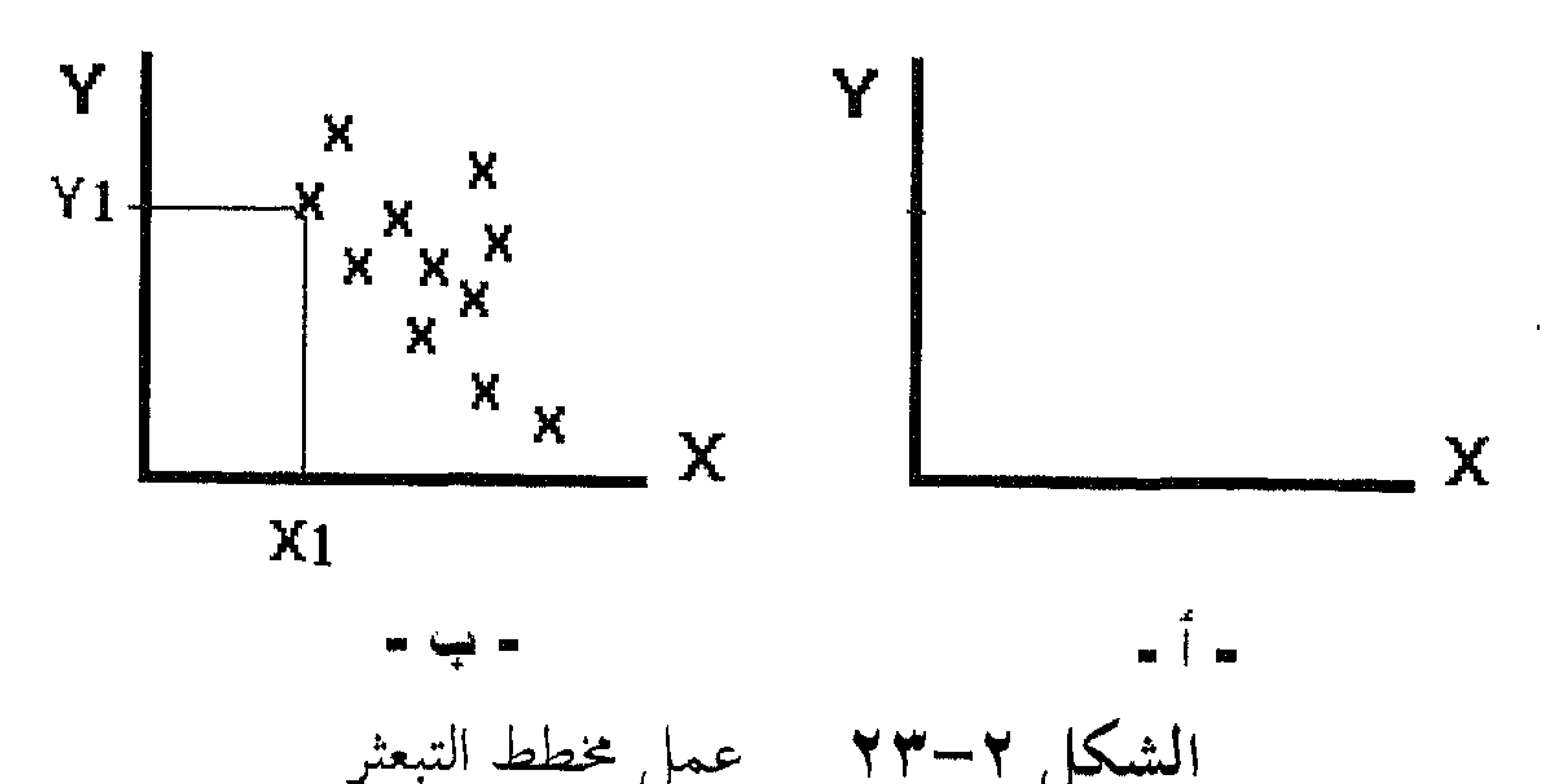
٢-٨ الخطوات العملية لرسم مخطط التبعثر

لعمل مخطط التبعثر نتبع الخطوات العملية التالية:

الخطوة ١: نقوم بجمع مجموعة من البيانات على شكل زوج (X,Y) عن المتغيرين الذين نود دراسة العلاقة بينهما، ونسجل هذه البيانات على جدول شامل. يستحسن أن يكون عدد البيانات من ٢٠ إلى ٥٠ زوج.

الخطوة ٢ : نقوم برسم محورين (X,Y) بحيث يمثل (X) المتغير السبب و(Y) المتغير النتيجة كما هو موضح على الشكل (٢-٢٣-أ) .

الخطوة ٣: نرسم نقطة لكل زوج من البيانات (X,Y) ونفعل ذلك لجميع البيانات ومنه نحصل على مخطط التشتت الموضح على الشكل (٢-٢٣-ب).



الشكل ٢-٢٣ عمل مخطط التبعثر

الخطوة ٤ : تحليل المخطط وهذا بالبحث عن وجود علاقة وارتباط بين المتغيرين (X) و(Y) كما نحاول إيجاد نوع الارتباط وقوته.

٨-٣ عمل مخطط التبعثر باستعمال برنامج الميكروسفت إكسل (Scatter Diagram with Microsoft Excel) :

من خلال هذا المثال نهدف إلى مساعدة المدير الفني الجديد لنادي كرة السلة والذي يود معرفة وجود علاقة بين وزن لاعب الفريق وطوله الذي قد يكون له أثر على أدائه مع الفريق. يبين الجدول (٢-٦) بيانات ٤٦ لاعب من الفريق.

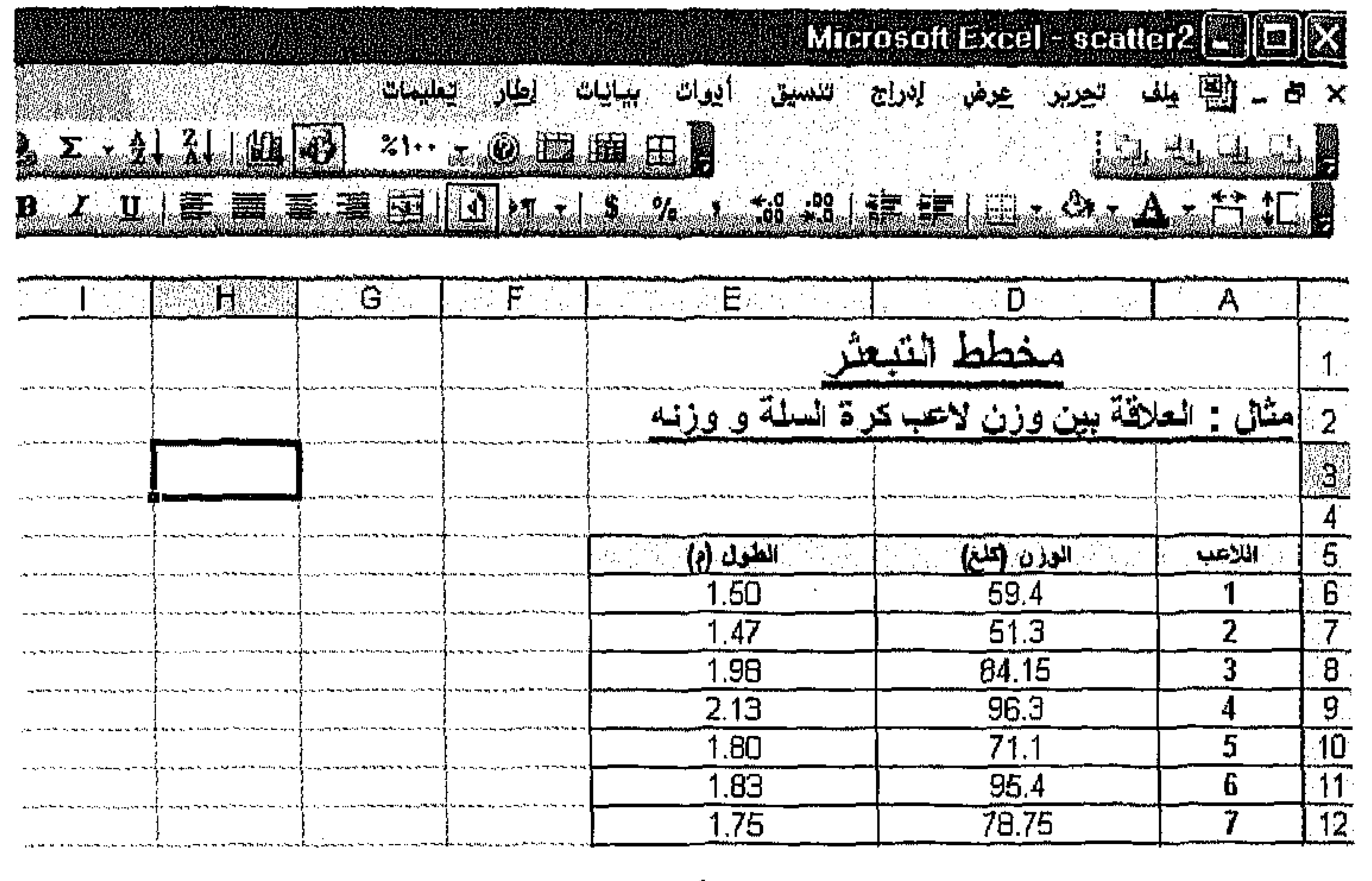
سوف نقوم بحل المثال عن طريق برنامج الميكروسفت اكسل، وهذا بإتباع الخطوات التالية:

الخطوة ١ – نقوم بفتح ورقة جديدة في برنامج الإكسل ونبدأ بإدخال البيانات بحيث ندخل رقم اللاعب في العمود (A) وزنه في العمود (B) وطوله في العمود (C) كما هو موضح على الشكل (٢-٢٤-أ).

الخطوة ٢ – نقوم برسم مخطط التبعثر وهذا عن طريق معالج التخطيطات ونختار نوع التخطيط س وص (مبعثر) (الشكل ٢-٢٤-ب)، ونقوم باتباع خطوات المعالج مع إجراء التنسيقات المناسبة للتخطيط لنحصل على الشكل النهائي الموضح على الشكل (٢-٢٥).

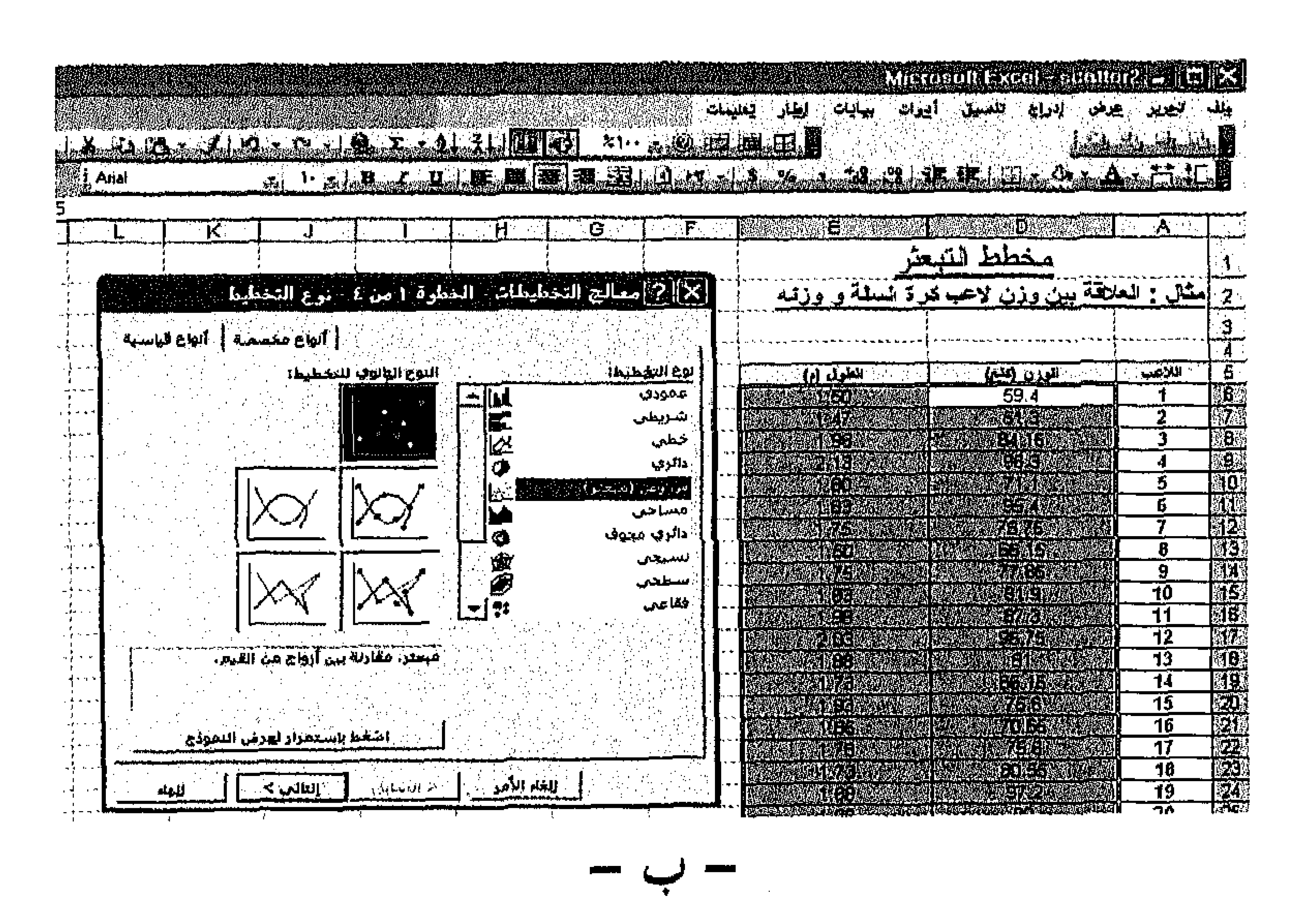
اللاعب	الوزن (كلغ)	الطول (م)	اللاعب	الوزن (كلغ)	الطول (م)
1	59.4	1.50	24	70.2	1.75
2	51.3	1.47	25	69.3	1.98
3	84.15	1.98	26	85.05	1.91
4	96.3	2.13	27	78.75	1.68
5	71.1	1.80	28	65.7	1.63
6	95.4	1.83	29	62.1	1.91
7	78.75	1.75	30	80.1	2.01
8	66.15	1.50	31	93.6	1.57
9	77.85	1.75	32	65.25	1.73
10	81.9	1.83	33	75.6	2.06
11	87.3	1.98	34	101.25	1.68
12	96.75	2.03	35	70.65	1.70
13	81	1.88	36	75.6	1.93
14	66.15	1.73	37	80.55	1.52
15	75.6	1.93	38	62.55	1.83
16	70.65	1.85	39	75.6	1.88
17	75.6	1.78	40	80.55	1.73
18	80.55	1.73	41	70.2	1.91
19	97.2	1.88	42	82.8	1.80
20	90	1.96	43	76.05	1.78
21	87.3	1.91	44	78.75	1.83
22	66.15	1.73	45	75.6	1.91
23	70.2	1.70	46	75.15	2.01

الجدول ٢-٦ بيانات عن وزن وطول لاعبي فريق كرة السلة



اللاعب	الوزن (كغ)	الطول (م)
1	59.4	1.50
2	51.3	1.47
3	84.15	1.98
4	96.3	2.13
5	71.1	1.80
6	95.4	1.83
7	78.75	1.75

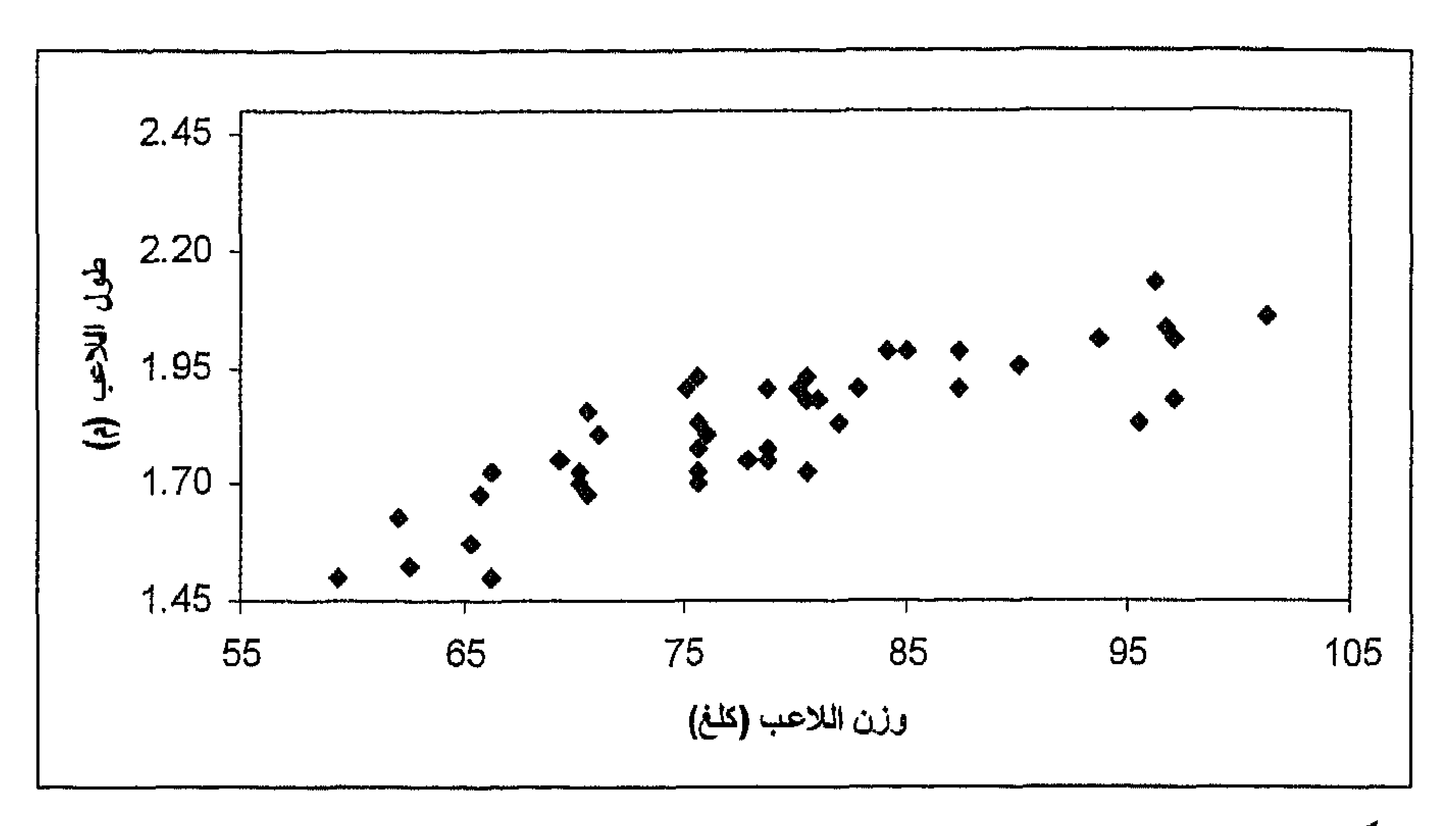
– أ –



– ب –

الشكل ٢–٢٤ خطوات رسم مخطط التبعثر باستخدام برنامج الإكسل

الخطوة ٣ – تحليل المخطط : من خلال الشكل (٢–٢٥) يتضح أن توقعات مدير الفريق بوجود علاقة بين وزن اللاعب وطوله صائبة إذ يوضح هذا المخطط وجود علاقة ارتباط موجب بين وزن اللاعب وطوله.



الشكل ٢-٢٥ مخطط التبعثر لدراسة العلاقة بين وزن لاعب كرة السلة وطوله

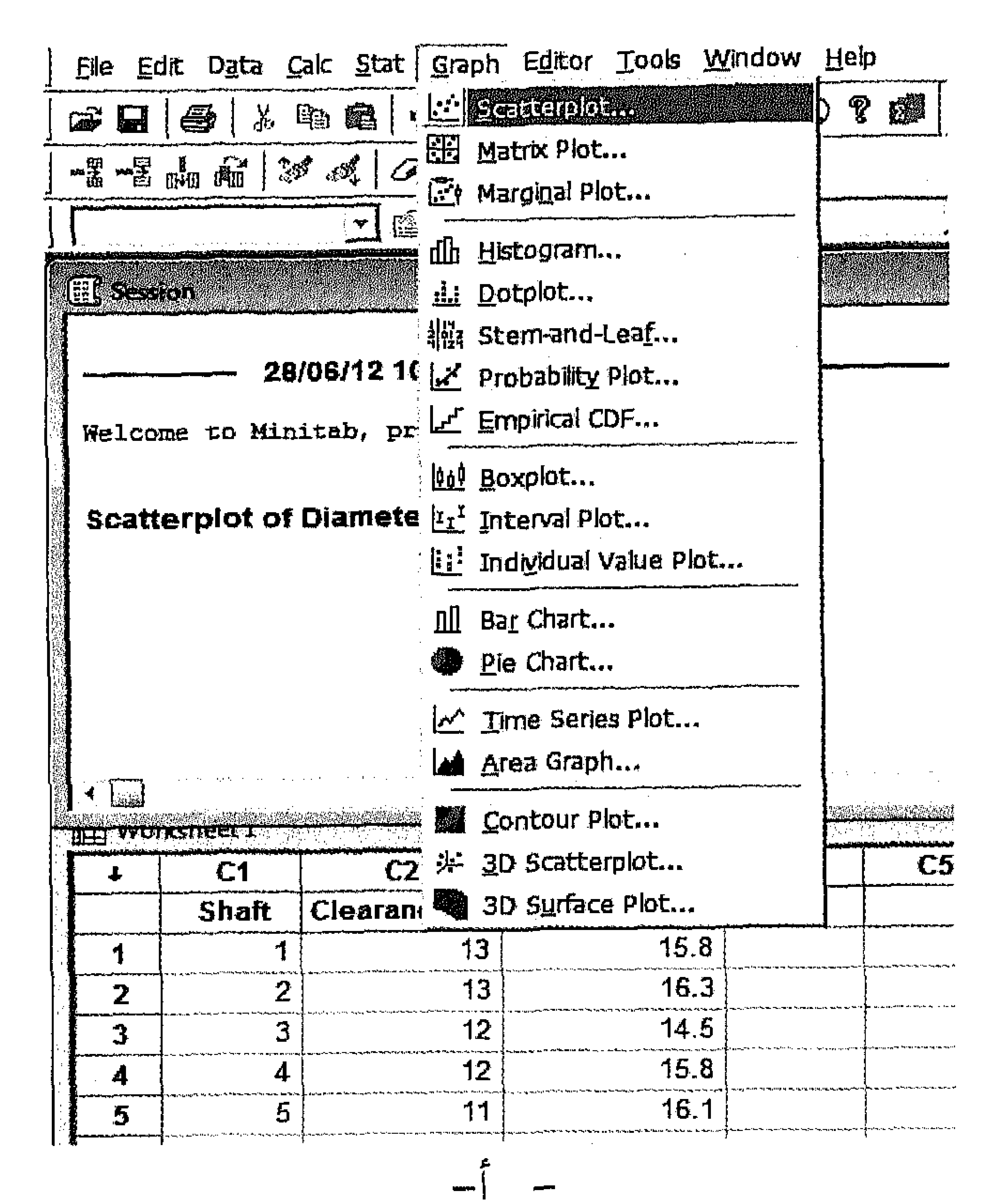
٨-٤ عمل مخطط التبعثر باستخدام برنامج المينيتاب

تعتبر الإزواجات والتفاوتات (Fits and Tolerances) من أهم خصائص القطع الميكانيكية خاصة تلك المجمعة مع بعض مثل الأعمدة والثقوب. عادة ما تحدد هذه الخصائص بدقة خلال مرحلة التصميم ويراعى تنفيذها بدقة خلال عمليات التشغيل حتى يمكن تجميع القطع فيما بينها. في الجدول (٢-٧) تم رصد قيم الإزواجات الخلوصية (Clearance fits) لمجموعة من الأعمدة والأقطار الخارجية (Diameter) لهذه الأعمدة ونود معرفة فيما إذا كانت هناك علاقة بين هذين المتغيرين عن طريق رسم مخطط التبعثر.

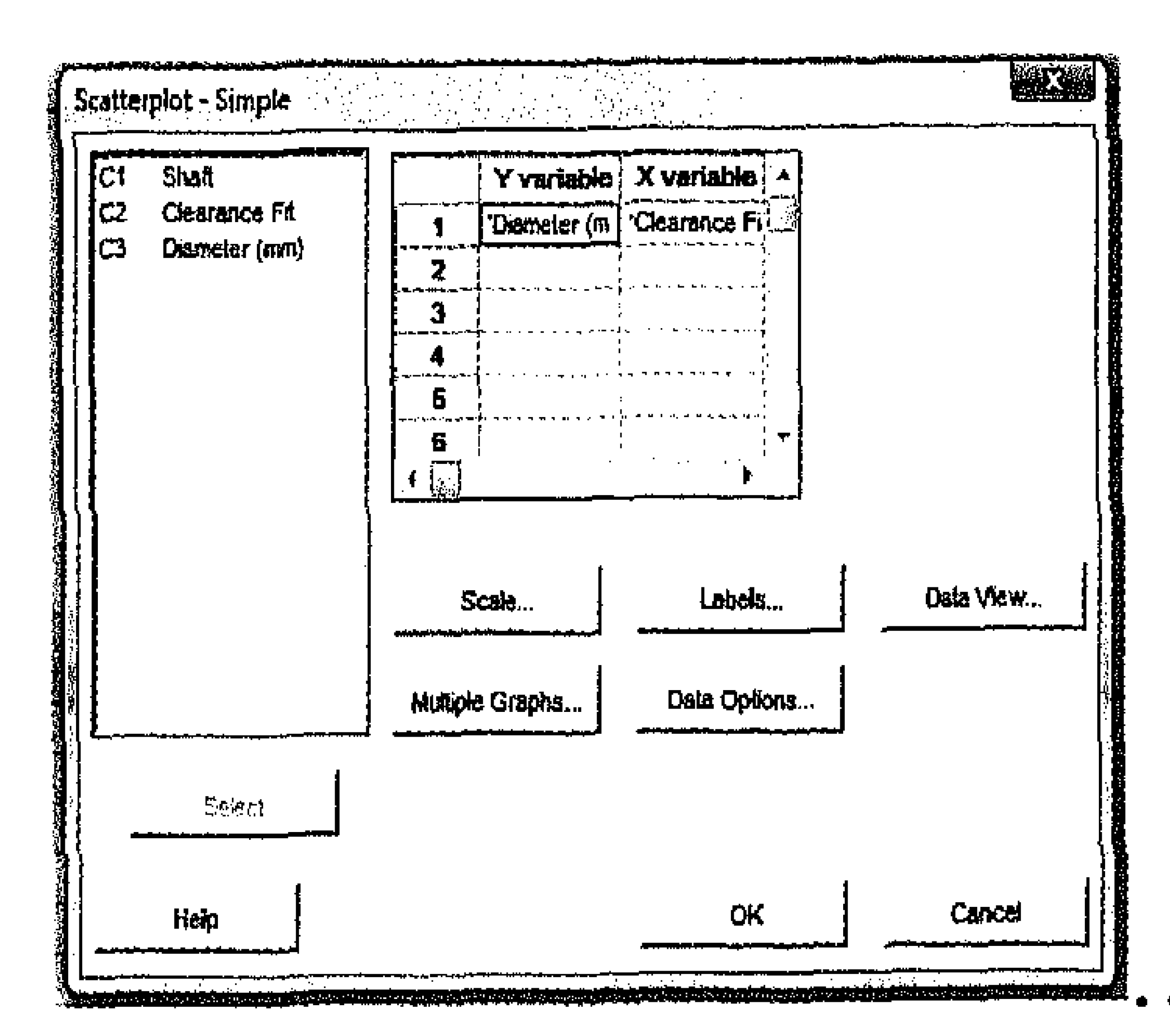
العمود	الإزواج الخلوصي	قطر العمود (mm)
1	13	15.8
2	13	16.3
3	12	14.5
4	12	15.8
5	11	16.1
6	11	15.8
7	9	20.0
8	9	20.5
9	9	18.4
10	9	17.9
11	7	20.8
12	7	20.7
13	7	22.2
14	7	22.8
15	4	25.2
16	4	24.6
17	4	25.6
18	4	26.0

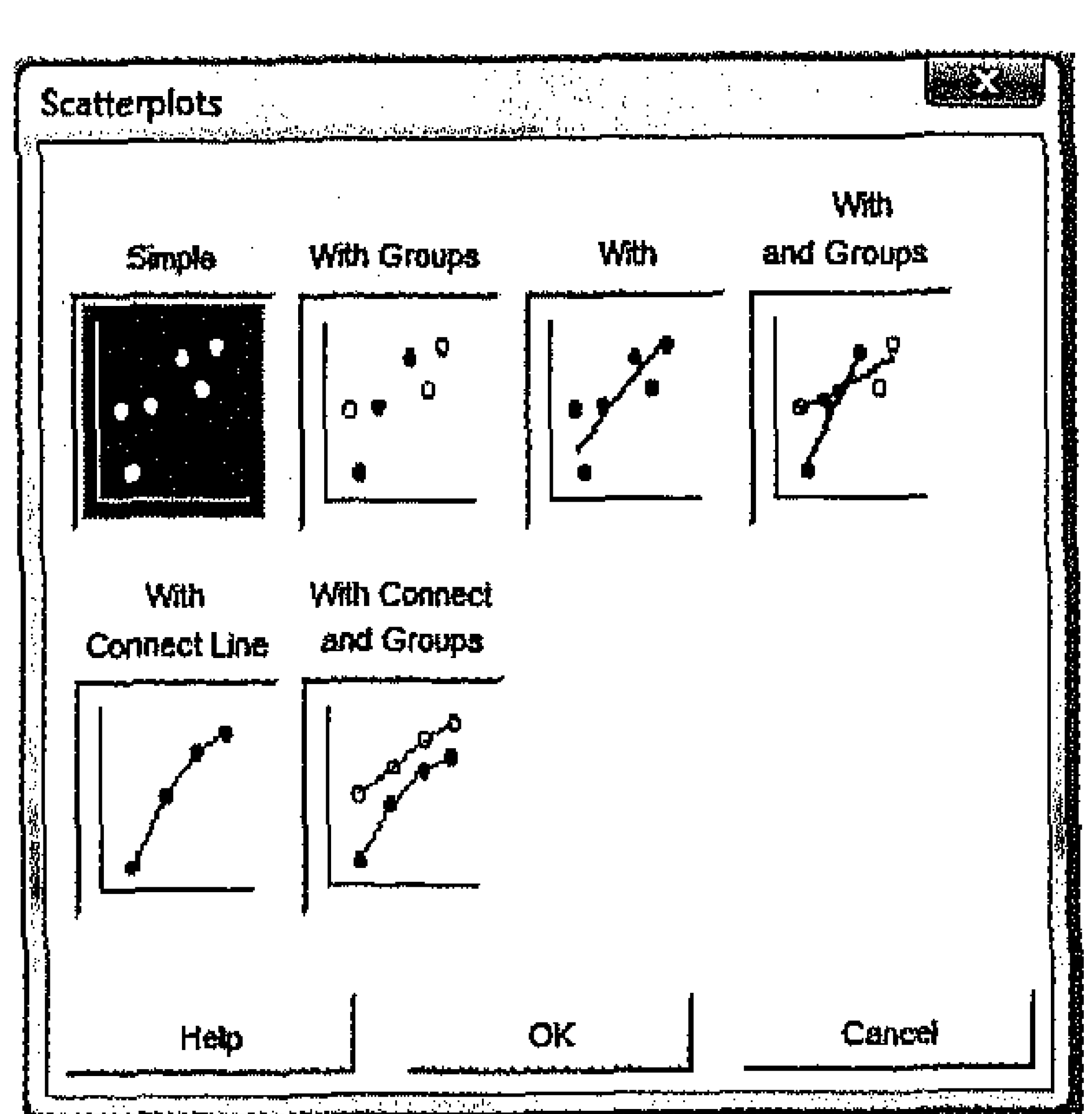
الجدول ٢-٧ الخصائص الهندسية لأعمدة ميكانيكية

في برنامج المينيتاب وبعد إدخال البيانات في ورقة العمل كما هو موضح على الشكل (٢-٢٦-أ) ، من قائمة (Graph) نقوم بإختيار (Scatterplot...). نختار بعدها في نافذة (Scatterplots) الخيار (Simple) وهذا لعمل مخطط بسيط بدون أي خطوط (الشكل ٢-٢٦-ب)، تفتح حينها نافذة الحوار الموضحة على الشكل (٢-٢٦-ج) ونقوم بإدخال المتغيرات (Clearance fits) و(Diameter) كل في مكانه وهذا بإختياره ثم النقر على (Select). يمثل الشكل (٢-٢٧) مخطط التبعثر لهذه العملية الإنتاجية في المصنع.



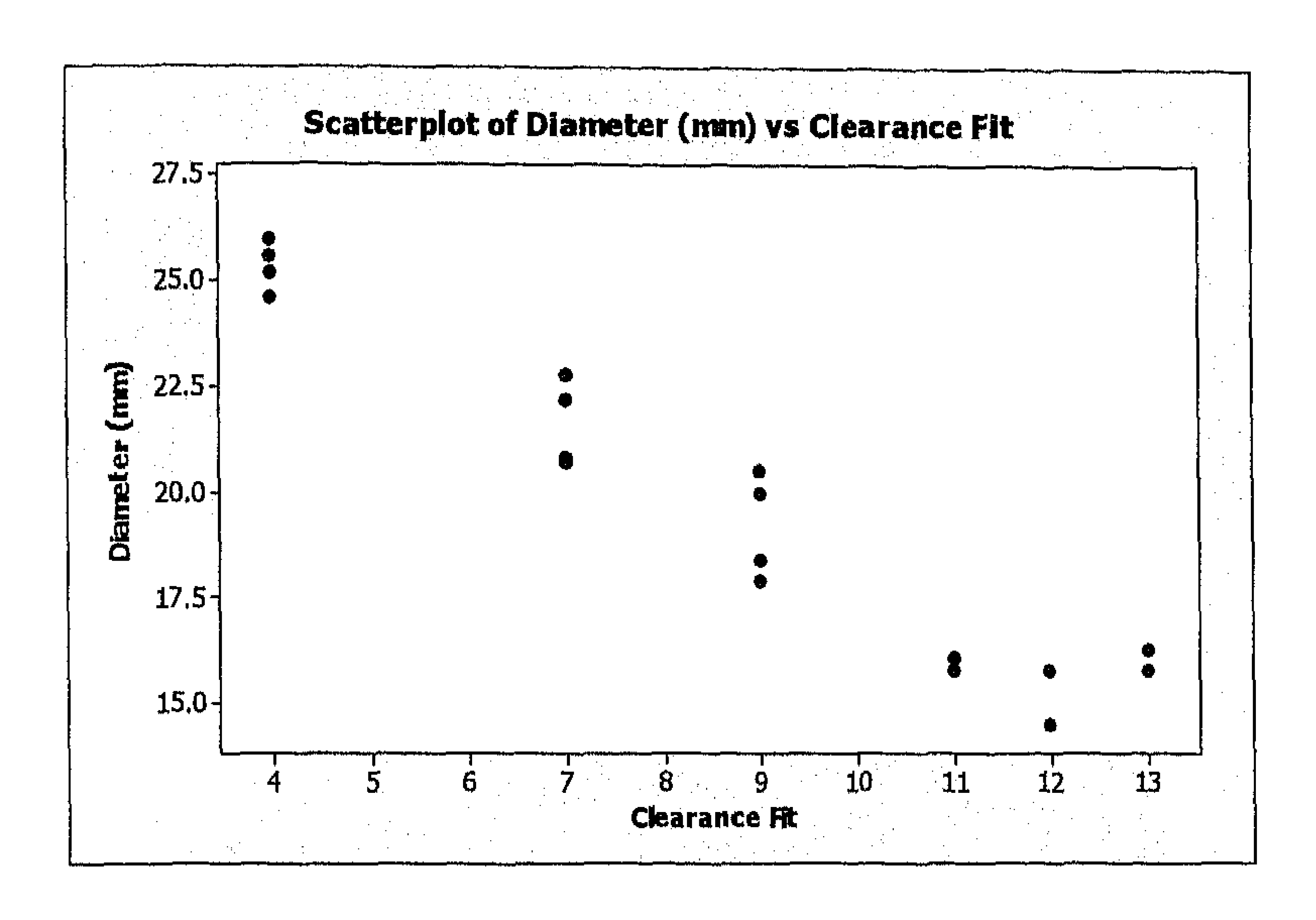
– أ –





– ج –   – ب –

الشكل ٢-٢٦ خطوات عمل مخطط التبعثر على برنامج الميني‌تاب



الشكل ٢-٢٧ مخطط التبعثر للعملية الإنتاجية حسب نتيجة برنامج المينيتاب

نلاحظ من خلال مخطط التبعثر الموضح على الشكل (٢-٢٧) أن هناك ارتبطا قويا سالبا (Negative strong correlation) بين قطر العمود والإزواج الخلوصي، وهذا يعني أن هناك علاقة سبب ونتيجة بين المتغيرين الاثنين إذ تفيد هذه المعلومة المهندس في مرحلة تصميم الأعمدة قبل الاسترسال في عملية الإنتاج بكميات كبيرة.

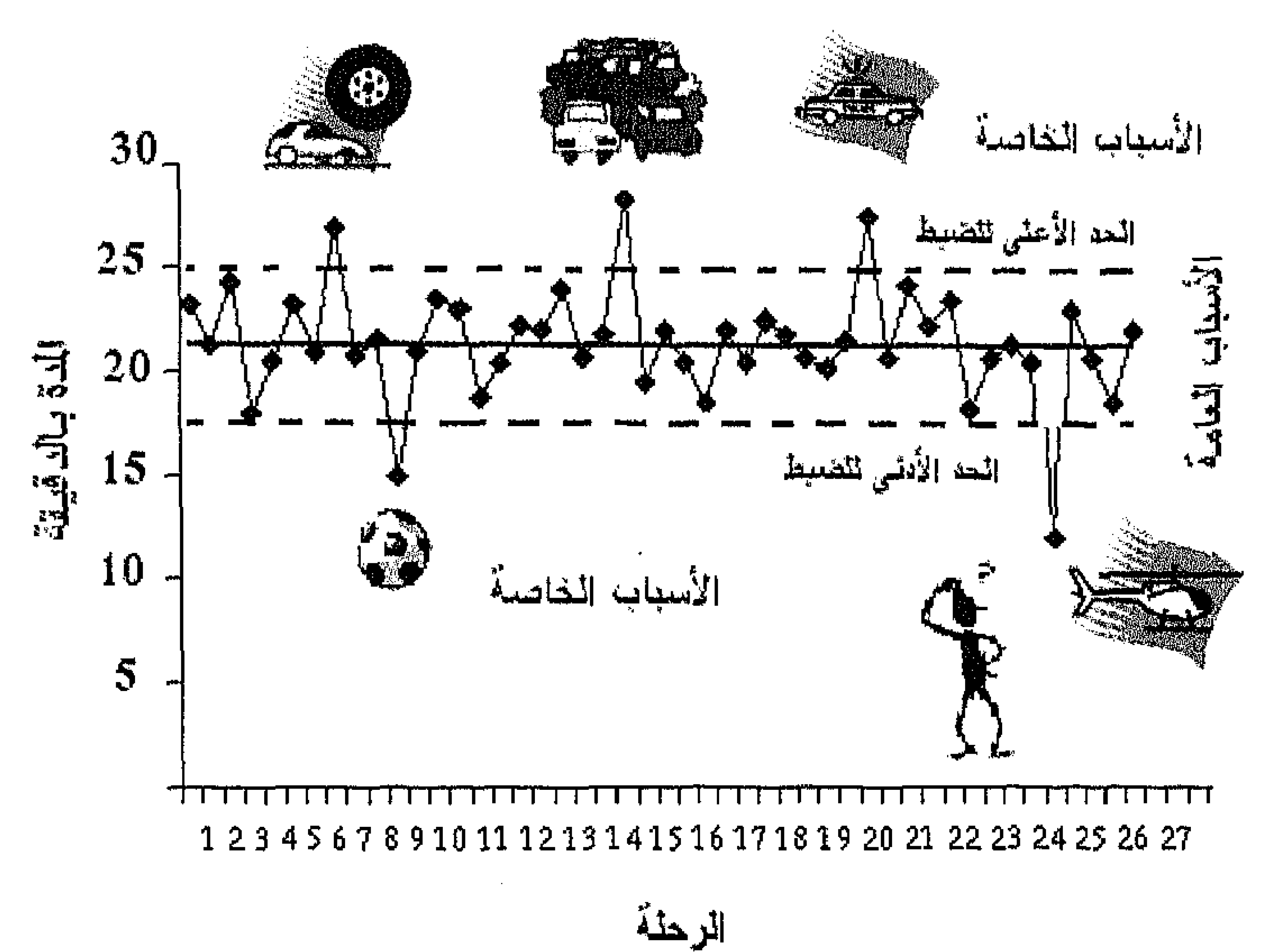
٩ خرائط المراقبة (Control Charts)

تعتبر هذه التقنية أساس المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control) وقد صنفها العلماء من بين الأدوات السبع الأساسية للجودة (The Seven Basic Quality Tools) ذات الاستعمال الواسع في برامج التحسين المستمر القائمة على منهجيات الستة سيجما (Six Sigma) أو في إطار برامج الجودة الشاملة. أكاد أجزم أنه لا يمكن أن تطلع على أي كتاب في الجودة في المتبة العالمية إلا وقد أفردت خرائط المراقبة للعمليات بفصل مستقل (إن لم أقل فصولا) وهذا

لأهميتها ونجاعتها في كل التطبيقات وكل المجالات التي تطوف بنا بين التطبيقات الخدمية كالخدمات الصحية والبنكية والتعليمية إلى التطبيقات الصناعية والإنتاجية.

من خلال خرائط المراقبة (أو خرائط التحكم أو خرائط الجودة) يمكن للفريق القائم على العملية تتبع أدائها خلال مختلف مراحلها ومراقبة حدوث أي مشاكل قد تؤثر على جودة المنتج أو الخدمة، حيث تسمح هذه الخرائط بتحديد نوع التغيرات الواقعة في العملية، بمعنى هل هي تغيرات طبيعية (Natural variations) أم أنها تغيرات غير طبيعية وتعود إلى أسباب خاصة (Special causes variations). ومن خلال هذه التقنية يمكن أيضا معرفة فيما إذا كانت العملية تسير تحت المراقبة الإحصائية (Process in statistical control) وبالتالي يمكن توقع جودة منتجها، أم أنها تسير خارج الضبط الإحصائي وتحت تأثير أسباب خاصة (Process out of control) مما قد يؤدي حتما إلى مشاكل عويصة مع جودة المنتج أو الخدمة.

قصد إعطائك فكرة عن هذه الأداة عزيزي القارئ، فقد قمت بمراقبة عملية إنتقالي من البيت إلى مقر العمل (الجامعة – مسافة ٢٢ كلم) وهذا بقياس المدة الزمنية التي تستغرقها الرحلة (بالدقيقة) وقمت برسم خريطة المراقبة لهذه العملية. يوضح الشكل (٢-٢٨) خريطة المراقبة التي تحصلت عليها والتي تبين أن مدة الرحلة في الظروف العادية تتغير بين ١٧ و٢٥ دقيقة وهذا التغير يعتبر طبيعيا ويعود إلى الأسباب العامة كزحمة الطريق وحالتي النفسية إلى غير ذلك من الأسباب العامة. تعتبر القيمتان ١٧ و٢٥ دقيقة كحدين للضبط الإحصائي للعملية (Control Limits) يتم من خلالهما مراقبة العملية ودراسة مدى حدوث أسباب خاصة. نلاحظ أيضا وجود نقاط خارجة عن حدود الضبط وهي مؤشر على وقوع العملية تحت تأثير أسباب خاصة كالسرعة المفرطة (مقابلة كرة قدم مهمة في التلفزيون) أو وقوع عطل في السيارة أوتغيير المسار لوجود أعمال في الطريق وهذه الأسباب قد تؤثر تأثيرا بالغا على مدة الرحلة مما يؤدي إلى وصولي إلى العمل متأخرا عن الدوام والمحاضرات.



الشكل ٢-٢٨ خريطة المراقبة للرحلة بين بيتي ومقر العمل

لقد لاقت هذه الأداة استعمالات واسعة جدا في مجال العمليات الصناعية والمنظمات الخدمية (البنوك، شركات الطيران، الخدمات الصحية والتعليم) ويعتبرها الكثير من الباحثين أصل وأساس المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control - SPC). نظرا لأهمية هذه التقنية واستعمالاتها في مختلف المجالات فسوف نخصص لها أكثر من فصل وهذا لعرض خرائط المراقبة للمتغيرات وخرائط المراقبة للخواص وكذلك تطبيقاتها في دراسة مقدرة العمليات (Process Capability Analysis) ومدى تحقيقها لمواصفات العميل ومتطلباته.

الفصل الثالث

التوزيع التكراري واستعمالاته في تحسين الجودة والعمليات

١ مقدمة .

٢ مفهوم الاختلافات في العمليات .

٣ جمع وتسجيل بيانات الاختلافات في العمليات .

٤ وصف بيانات الجودة.

٥ التوزيعات التكرارية.

٦ تحليل التوزيع التكراري ومقاييس النزعة المركزية والتشتت وإستعمالها في التحسين المستمر للعمليات.

٧ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية والتشتت والجودة.

٨ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت باستعمال برنامج الميكروسفت إكسل.

٩ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت بإستخدام برنامج المينيتاب

١٠ مفاهيم العينة والمجتمع والتوزيع الطبيعي وتطبيقاتها في مجال الجودة.

١١ أمثلة تطبيقية عن استعمالات خصائص التوزيع الطبيعي بإستخدام برامج الميكروسفت إكسل والمينيتاب.

١ مقدمة

تعتمد معظم أساليب الجودة ومراقبة العمليات على أسس ومفاهيم علم الإحصاء، هذا العلم الذي يقوم على جمع البيانات وتنظيمها وتحليلها بهدف استقراء النتائج واتخاذ القرارات المناسبة التي تفيد عمليات تحسين الجودة وحل مشاكل العمليات وتحقيق متطلبات العميل والمطابقة مع المواصفات (Deming, 1986, 2000). وإن مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية والتفتيش عن جودة المنتجات أو الخدمات تتطلب جمع كم هائل من البيانات والملاحظات عن العملية، وإذا عرضت هذه البيانات التي عادة ما تكون متشابهة بطريقة إنشائية ضمن التقارير الفنية أو الإدارية فإنها تكون مملة ويصعب استيعابها وقراءة مدلولاتها ولذا كان من الضروري عرض هذه البيانات بطرق وأساليب سهلة وممتعة يوفرها لنا علم الإحصاء ويمكن حتى للعامل العادي قراءتها. ومن هذا الأساس جاء أسلوب الرقابة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control) الذي يمثل جزءا من الضبط الإحصائي للعمليات (Statistical Quality Control).

ومن أبسط وأنجع هذه الأساليب والتقنيات نجد طريقة التوزيع التكراري للعملية (Frequency Distribution) أو المدرج التكراري (Histogram) التي تندرج ضمن الأدوات الأساسية السبع للجودة والمستعملة في مراقبة وتحليل العمليات بهدف التحسين المستمر (Continuous Process Improvement). لقد اعتبر عالم الجودة فايغن بوم (Feigenbaum, 1991) في كتابة (Total Quality Control) بأن أسلوب التوزيع التكراري يعتبر طريقة للتفكير (a way of thought) والتعامل مع العمليات خلال مراحل التحسين المستمر ومراقبة جودتها. كما يعرفها العالم جوران (Juran, 2000, p. 44-9) بأنها تقنية إحصائية لتمثيل مجموعة بيانات من العمليات بطريقة تسمح بتوضيح مدى التشتت والاختلافات الموجودة في العملية ومن ثم

البحث عن الأسباب المؤدية إلى ذلك مما يسهل عملية حل المشاكل وإحداث التحسينات المناسبة في العملية الإنتاجية أوالخدمية.

٢ مفهوم الاختلافات في العمليات (Process Variations)

من المتفق لديه لدى علماء الجودة أن الاختلافات والتغيرات في المنتج أو الخدمة يمثلان العدو الرئيس للجودة (Variability is the enemy of quality) ويؤكد العالم إدوارد ديمنج على هذه النقطة كثيرا في طرحه الرائع في كتابة "الخروج من الأزمة" (Deming, 1986) حين يؤكد أن على الإدارة العمل على فهم التغيرات التي تحصل في العملية وفي مخرجاتها.

٢-١ الاختلافات في العمليات

من الواضح أن كل عملياتنا المعاصرة سواء كانت إنتاجية أو خدمية لها خاصية مشتركة في كونها ذات طابع إنتاجي كمي، فعلى سبيل المثال تنتج شركات صناعة الأدوية أعدادا هائلة من المضادات الحيوية، مثل البنوك التي تقوم بتقديم خدماتها لأعدد كبيرة من العملاء، ومن السهل جدا أن يرى أحدنا الفروق والاختلافات التي قد يحصل عليها في عملية إيداع بنكي من فترة لأخرى، فقد لا تستغرق العملية في بعض الأحيان خمس دقائق في حين أن نفس العملية قد تحتاج إلى ساعة من الزمن في أحيان أخرى. إنه المثال الذي يمكن أن نعبر من خلاله عن الاختلافات في العمليات ومدى تأثيره على رضا العميل وعلى جودة الخدمة أو المنتج المقدم لهذا العميل. فالعلاقة الطردية بين الإختلافات والجودة واضحة، بمعنى أنه كلما زادت الاختلافات في العملية كلما سائت الجودة، ومنه فعلى فريق التحسين مدعوما بإلتزام الإدارة العليا العمل على تقليل الإختلافات في العملية بهدف تحسين الجودة وتحقيق رضا العملاء،

ولا يتأتى هذا إلا من خلال الدراسة والتحليل لهذه الإختلافات والبحث عن الأسباب المؤدية إليها.

٢-٢ أسباب الاختلافات في العملية

هناك عوامل عديدة تؤدي إلى الاختلافات في خصائص المنتج وهي تعود أصلا إلى العناصر المكونة لنظم التصنيع الحديثة التي يمكن اختصارها في العبارة (5M&E) وهي كما هو موضح على الشكل (٣-١) المواد الخام، وعوامل متعلقة بالعمالة الفنية، وعوامل متعلقة بالآلات الإنتاجية، وطرق العمل، وعوامل لها علاقة بمحيط وبيئة المنظمة. فيما يلي شرح موجز لكل عنصر :

أ- المواد (Materials): قد تكون المادة الخام المستعملة كمدخلات في نظام التصنيع عبارة عن منتجات نهائية أو نصف مصنعة من عمليات تصنيعية سابقة أو من مصادر موردة مختلفة، هذا ما يؤدي إلى اختلافات في خصائصها الفيزيائية والميكانيكية (قوة الشد، اللدونة، الصلادة، السمك أو المسامية). وقد تكون هناك اختلافات طبيعية في المادة الخام المقتناة من نفس المورد وفي نفس الدفعة، كما يمكن أن تكون المادة الخام الموردة للمنشأة ذات جودة رديئة.

ب- العمالة الفنية (Man) : إن مهارة وكفاءة العمالة الفنية تختلف من عامل لآخر حسب مستوى التدريب والتأهيل لأداء المهام الموكلة إليه إضافة إلى سنوات الخبرة في مجال العمل. هذا الاختلاف في الكفاءات لدى العمالة الفنية يساهم بشكل كبير في الاختلافات التي تظهر في الوحدات المنتجة داخل العملية.

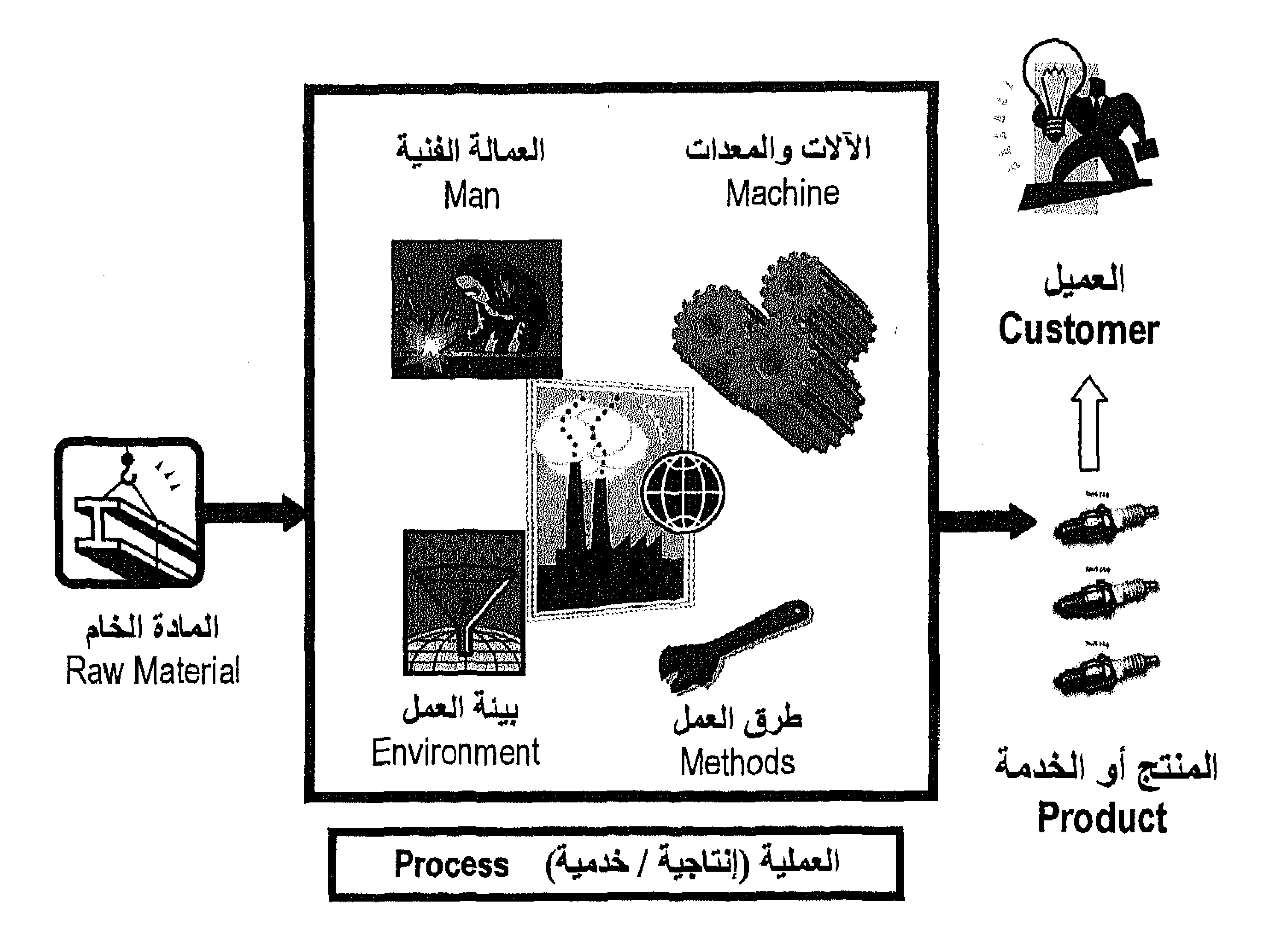
ت- الآلات والمعدات (Machines): ويشمل هذا المصدر جميع التغيرات التي قد تطرأ على ماكينات الإنتاج كتأثرها باهتزازات آلات مجاورة لها، أو التغيرات التي تحدث في مثبتات القطع وتآكل أدوات القطع المستعملة. لهذه العوامل علاقة مع مقدرة العملية على تحقيق المواصفات في المنتج أو الخدمة.

ث- طرق وأساليب العمل (Methods) : قد تنتج كميات من المنتج باستعمال طريقة معينة وتنتج كميات أخرى بطريقة أخرى هذا ما يؤدي حتما إلى ظهور اختلافات تصنيعية واضحة في المنتج.

ج- ظروف البيئة ومحيط العمل (Environment): تمثل الظروف البيئية أحد مصادر الاختلافات التصنيعية للوحدات المنتجة خاصة درجة الحرارة ونسبة الرطوبة.

ح- كما تساهم أيضا في إحداث التغيرات في خصائص المنتج عوامل أخرى مثل طرق وأساليب الفحص والقياس (Inspection and Measurements) المستعملة خلال عمليات الإنتاج أو خلال عمليات فحص واختبار المنتج. فالاستعمال الخاطئ مثلا لجهاز الميكرومتر أو القدمة ذات الورنية في قياس أبعاد القطع الميكانيكية والمشغولات قد يترتب عليه تسجيل بيانات غير دقيقة وخاطئة عن المنتج.

وبما أن المصادر المساهمة في إحداث الاختلافات قد تحدث بطريقة عشوائية خلال مراحل الإنتاج (أو أداء الخدمة) فإنه حتما سينتج مسببات عشوائية أو شائعة (Chance or Common causes for variations) لهذه التغيرات والاختلافات في خصائص المنتج. لقد أثبتت التجربة أن هذه الاختلافات التي تعود إلى المسببات العشوائية تكون بسيطة ويمكن التعامل معها بسهولة قصد ضمان جودة المنتج. كما يمكن أن تكون التغيرات في خصائص المنتج كبيرة وناجمة عن أسباب محددة أو خاصة (Assignable or Special causes for variations) يجب البحث عنها وتحديدها من أجل إزالتها من العملية وإلا كان لها الأثر السيئ على جودة المنتجات أو الخدمات.



الشكل ٣-١ أسباب الاختلافات في العمليات

للاختلافات التصنيعية الموجودة في الوحدات المنتجة أثر سيئ على جودتها، فكلما زادت نسبة هذه الاختلافات وكبر مجالها إلا وساء مستوى الجودة، هذا لأن خصائص المنتج تكون متباعدة ومشتتة عن المواصفات القياسية للمنتج المصممة خصيصا قصد إرضاء المستهلك. إن تحسين مستوى الجودة (Quality Improvement) يعني التقليل من مجال الاختلافات التصنيعية وبالتالي إنتاج قطع حسب المواصفات وفي حدود التفاوتات المسموح بها. يقول العالم ديمنج أنه في إطار فلسفة إدارة الجودة الشاملة (TQM) فإن المهمة الأساسية للإدارة العليا هي فهم الإختلافات والتعامل معها لأن المشكل الأساسي لدى القيادات العليا هو الإخفاق في فهم الاختلافات.

٣ جمع وتسجيل بيانات الاختلافات في العمليات

من المعروف لدينا أن المنظمات الإنتاجية والخدمية تقوم بتجميع أنواع مختلفة من البيانات عن طبيعة عملياتها، مثل البيانات عن كمية الإنتاج المنتجة وعدد الوحدات المعيبة وخصائص المنتج ومعلومات خاصة بحالة الآلات والمعدات وحضور وانصراف الموظفين إلى غير ذلك من البيانات. وتتم هذه العملية عادة عن طريق الملاحظة المباشرة باستعمال طرق وأساليب الفحص والقياس المناسبة (Measurements and Testing) وتسجيل النتائج على جداول أو قوائم الإختبار التي تم شرحها في الفصل السابق.

حسب طبيعة البيانات، فيمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسين هما المتغيرات (Variables) والخواص (Attributes)، حيث تعرف بالمتغيرات جميع خصائص جودة المنتج أو الخدمة التي يمكن تحديدها عن طريق أجهزة القياس مثل الأبعاد، الأوزان والخصائص الميكانيكية للمادة أو مدة أداء مهمة ما أو تقديم خدمة معينة (مثل خدمة طبية أو فندقية)، في حين تمثل الخواص مجموع الصفات والخصائص المؤثرة على الجودة والتي لا يمكن قياسها وإنما يتم الحكم عليها عن طريق الملاحظة البصرية أو عن طريق محددات قياس (Gages) تكشف مطابقة المنتج مع مواصفات معينة ما من عدمه، فعلى سبيل المثال يمكن تحديد عدد الكراسي الموجودة في الفصل الدراسي والتي فيها كسر أو عيب معين يمنع الاستعمال الصحيح لها من طرف الطلبة، أو عدد الأخطاء المرتكبة في تسجيل بيانات الطلبة في إدارة القبول والتسجيل في الجامعة. عادة ما تكون البيانات المجمعة عن جودة المنتجات أو الخدمات عبارة عن كم هائل من القيم العددية غير منتظمة ومتباينة. مثال بسيط على ذلك البيانات الموضحة على الجدول (٣-١) والخاص بخصائص جودة مادة معدنية تستعمل في صناعة

السيارات. من الواضح أن هذه البيانات تكون صعبة الاستخدام ولا تكون فعالة في وصف خصائص جودة المنتج، ومنه يتوجب الحصول على طريقة لتجميع البيانات وتلخيصها بحيث تسهل رؤية فيما إذا كانت هذه البيانات تتجمع حول قيمة معينة أو تتشتت حولها بمقدار معين. كما يكون من المهم جدا أن نقارن تشتت هذه البيانات واختلافاتها مع مواصفات التصميم التي عادة ما تحدد حسب متطلبات العميل والتي تكون ذات إرتباط وثيق مع أمن وسلامة ورفاهية العميل.

القطعة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
العمق mm	2	3	5	4	3	6	3	4	5	4	6	3

الجدول ٣-١ نتائج عمق اختراق كرة حديدية لسبائك ميكانيكية

٤ وصف بيانات الجودة Description of the Data

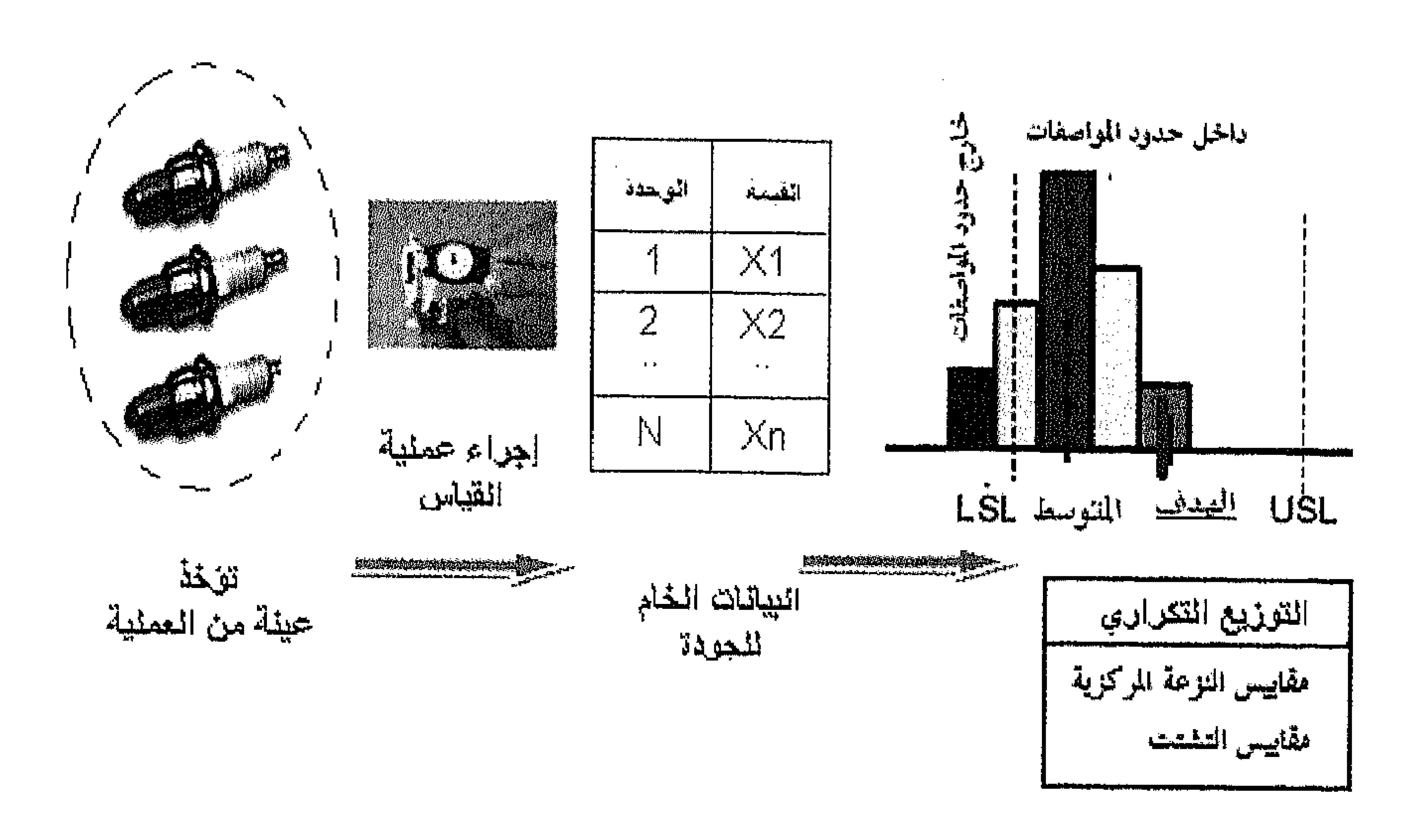
عمليا هناك طريقتان لوصف بيانات الجودة:

أ- **طريقة الرسم البياني** (Graphical method) بحيث يتم تمثيل البيانات عن طريق رسومات بيانية تسهل عملية التحليل والفهم والاستقراء، وأكثر الرسومات البيانية استعمالا في مجال الجودة نجد التوزيع أو المدرج التكراري (Frequency Distribution / histogram) بحيث نقوم بتلخيص البيانات وتبويبها وتصنيفها إلى فئات معينة ومن ثم تحديد تكرار قيم الأعداد في كل فئة وهذا ما نطلق عليه اسم تكرار الفئة (frequency) ويتم بعد ذلك رسم قيمة التكرار لكل فئة عن طريق مدرجات تكرارية (histograms).

ب- **الطريقة التحليلية** (Analytical method) وتسمح هذه الطريقة بتلخيص بيانات الجودة عن طريق حساب معاملات لقياس النزعة المركزية (Measures of central tendency) ممثلة بالقيمة المتوسطة للبيانات (Mean or Average Value) ومعاملات قياس التشتت (Measures of Dispersion) وهم: مجال

القيم (Range)، والانحراف المعياري (Standard Deviation) والتباين (Variance).

يوضح الشكل (٣-٢) المفهوم الأساسي للطريقتين والتي سنقوم بعرضها في الفصل وبقية الفصول من الكتاب.



الشكل ٣-٢ عمل التوزيع التكراري لعملية إنتاجية أو خدمية

في مجال ضبط الجودة والتحكم في العمليات (Process Control) نستعمل الطريقتين مع بعض، وتعتبر طريقة التوزيع التكراري من بين أهم تقنيات ضبط الجودة وتندرج ضمن الأدوات السبع الأساسية للجودة (Seven Basic Quality Tools) المعروفة بالسبع الروائع والتي عرفت استعمالات عدة في مختلف المجالات الصناعية والخدمية على حد سواء. تسمح هذه التقنية بالإجابة عن أربعة أسئلة جوهرية لجودة المنتجات والخدمات:

١. هل يوجد هناك توزيع طبيعي أو عادي للعملية ؟

٢. أين هو مركز العملية ؟

٣. هل العملية قادرة على تحقيق المواصفات في المنتج أو الخدمة؟
٤. ما هي نسبة الإنتاج التي قد تقع خارج حدود المواصفات والتي قد تكون غير مطابقة للمواصفات؟

يعتبر العالم فيغن بوم (Feigenbaum, 1991, p. 352) أن تقنيات التوزيعات التكرارية هي بمثابة أسلوب تفكير (A way of Thought) يقوم على المنهجية العلمية (Scientific approach)، وتستند عليه المنظمات لحل مشكلات الجودة (Problem solving)، وتحقيق التحسين المستمر لعملياتها (Continuous Process Improvements).

٥ التوزيعات التكرارية (Frequency Distributions)

٥-١ التوزيع التكراري في حالة البيانات غير المجمعة (Ungrouped Data)

حتى نبين طريقة رسم التوزيع التكراري لبيانات الجودة نبدأ بمثال بسيط يمثل البيانات الموضحة على الجدول (٣-١) والذي نعيد كتابته هنا.

القطعة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
العمق mm	2	3	5	4	3	6	3	4	5	4	6	3

الجدول ٣-٢ نتائج عمق اختراق كرة حديدية لسبائك ميكانيكية

لرسم التوزيع التكراري لهذه البيانات نقوم أولا بملاحظة القيم المسجلة ونصنفها إلى فئات خمسة وهي في هذه الحالة وببساطة الأعداد الصحيحة (2)، و(3)، و(4)، ومنه نعيد صياغة جدول البيانات بحيث نسجل تكرار كل قيمة من هذه القيم باستخدام أسلوب الحزم (Tabulations)، فعلى سبيل المثال تتكرر القيمة (2) مرة واحدة والقيمة (3) تتكرر أربع مرات وهكذا (الجدول (٣-٣)). وقصد توضيح الرؤية

أكثر بخصوص هذه البيانات نقوم بتقديمها على شكل مدرج تكراري (Histogram) وهو عبارة عن رسم بياني يمثل تكرار الفئات على شكل مستطيلات يكون ارتفاعها مساويا لتكرار الفئة كما هو مبين على الشكل (٣-٣).

قيمة الفئة	التكرار بالحزم Tabulations	التكرار f_i Frequency
2	I	1
3	IIII	4
4	III	3
5	II	2
6	II	2

جدول ٣-٣ تصنيف البيانات وحساب التكرار لكل فئة

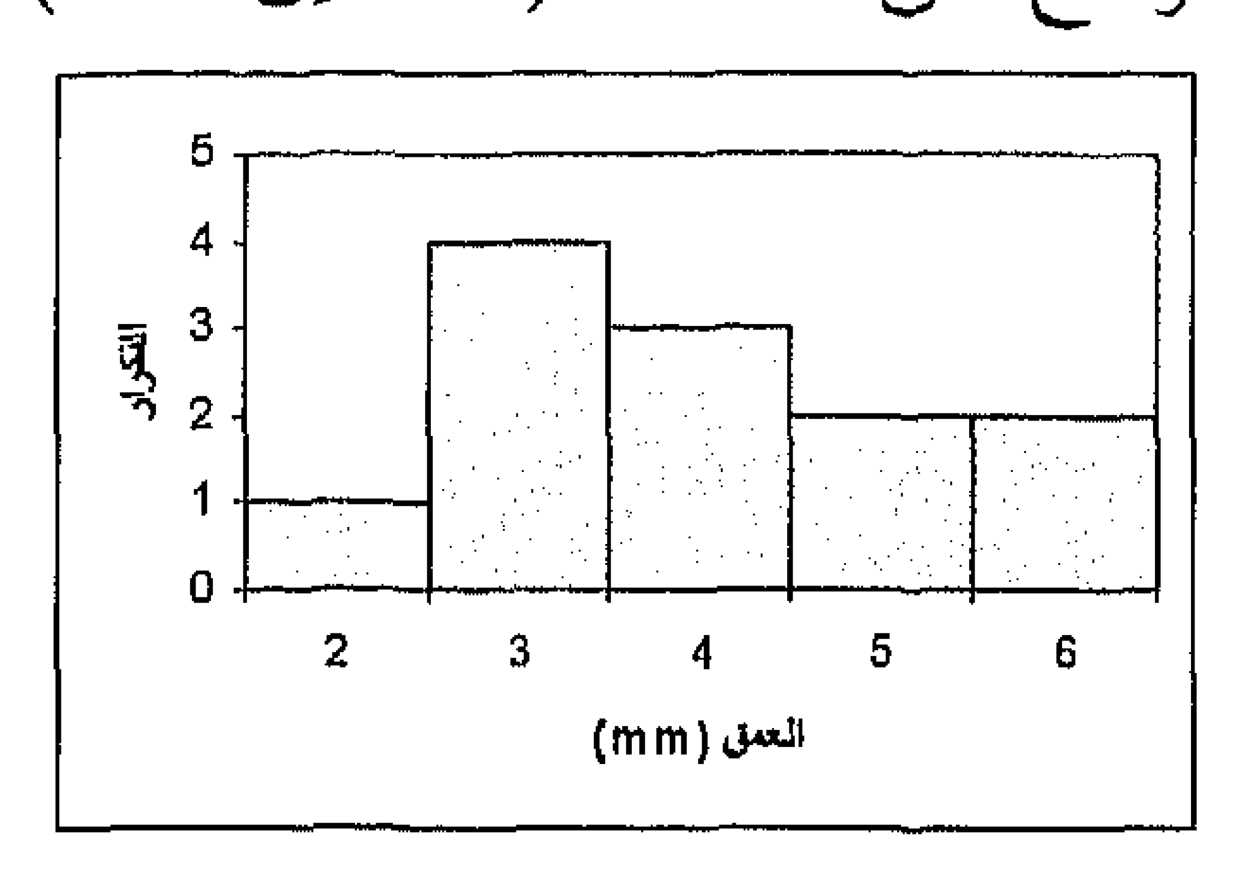
في مجالات ضبط ومراقبة الجودة وفي الكثير من الأحيان في المجالات الإنتاجية والخدمية يكون اهتمامنا موجها إلى التعرف على عدد الوحدات من المنتج أو الخدمات المقدمة التي تكون خصائصها دون (أو أكثر) من مستوى معين، مثل عدد الحالات التي زادت فيها مدة الحصول على موعد في المستشفى التخصصي للمريض أكثر من شهر. ففي مثالنا الحالي قد نسأل ما هو عدد القطع الميكانيكية التي كان عمق الاختراق فيها أقل من (5 mm) ؟ وكذلك ما هي النسبة المئوية للمنتج في هذه الحالة ؟ في مثل هذه الحالات نقوم باستعمال طرق أخرى لتمثيل بيانات الجودة وأهمها التوزيع التكراري المتجمع (Cumulative Frequency) والتوزيع التكراري النسبي المئوي (Percentage Relative Frequency) والتوزيع التكراري النسبي المئوي التراكمي (Percentage Cumulative Relative Frequency). الجدول التالي يبين لنا كيفية حساب قيم هذه التوزيعات التكرارية.

القيمة	التكرار f_i	التكرار التراكمي	التكرار النسبي المئوي (%)	التكرار النسبي

التراكمي (%)				
8.33 %	(1/12) x 100 = 8.33	1	1	2
41.66 %	(4/12) x 100 = 33.33	1 + 4 = 5	4	3
66.66 %	(3/12) x 100 = 25.00	5 + 3 = 8	3	4
83.33 %	(2/12) x 100 = 16.67	8 + 2 = 10	2	5
100 %	(2/12) x 100 = 16.67	10 + 2 = 12	2	6

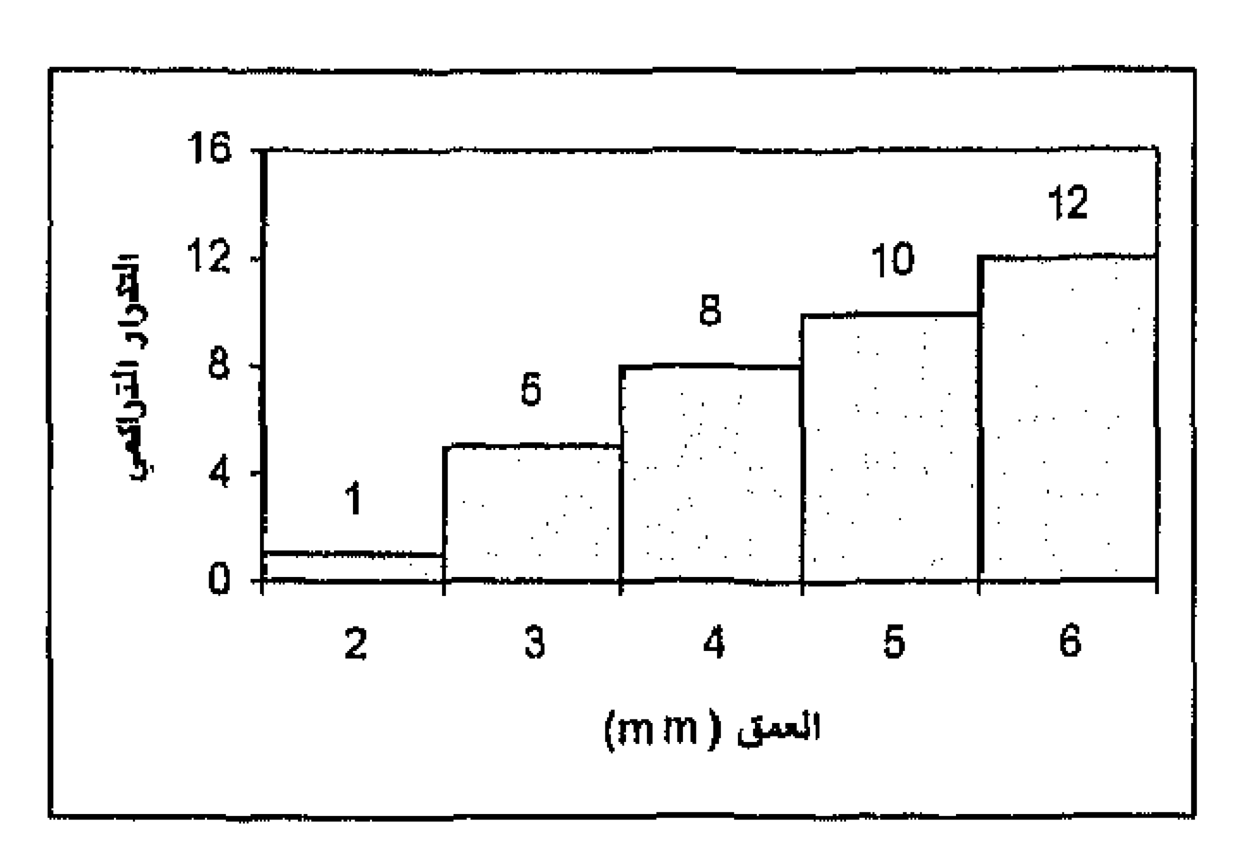
جدول ٣-٤ تبويب البيانات وحساب التكرار

نقوم بتمثيل البيانات برسم التوزيع التكراري التراكمي (Cumulative Frequency) والتوزيع التكراري النسبي المئوي (Percentage Relative Frequency) والتوزيع التكراري النسبي المئوي التراكمي (Percentage Cumulative Relative Frequency) كما هو موضح على الأشكال (٣-٤ إلى ٣-٦).



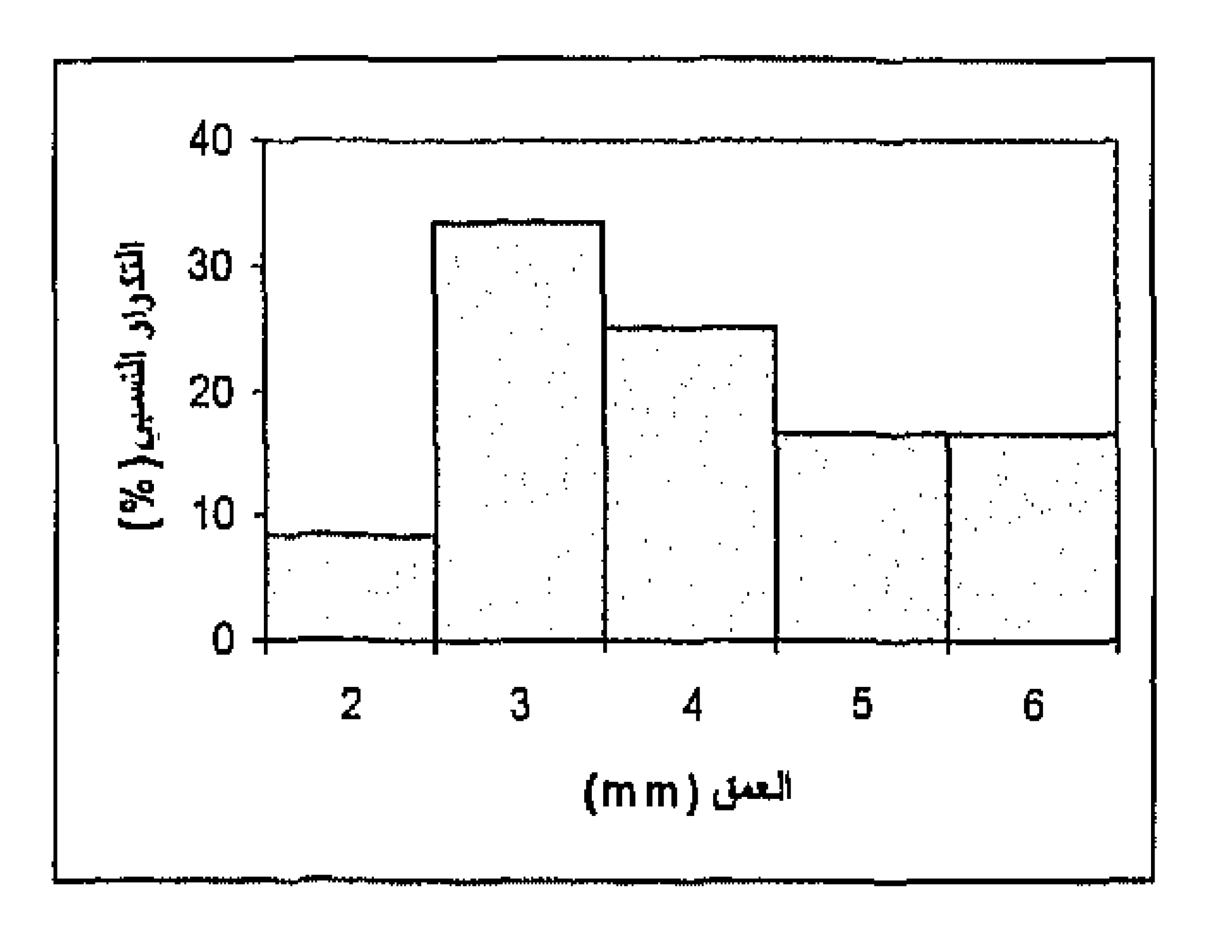
الشكل ٣-٣ المدرج التكراري

(Histogram)



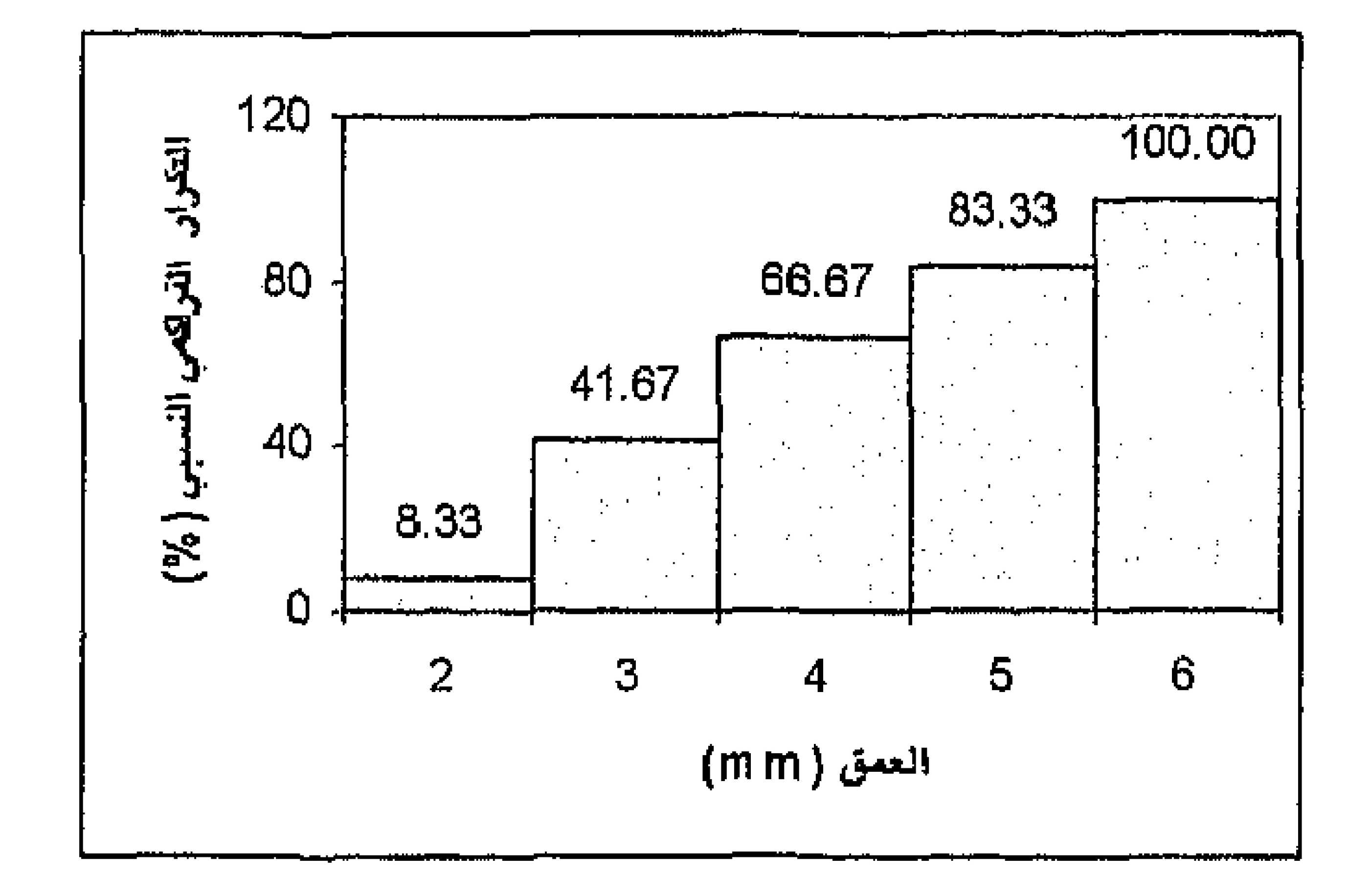
الشكل ٣-٤ مدرج التكرار التراكمي

(Cumulative Frequency)



الشكل ٣-٥ مدرج التكرار النسبي

(Relative Frequency)



الشكل ٣-٦ مدرج التكرار النسبي التراكمي

إن تحليل هذه التوزيعات التكرارية يسمح لنا بالإجابة على أسئلة تخص جودة المنتج مثل السؤال الذي طرحناه من قبل والمتعلق بعدد القطع التي كان عمق الاختراق فيها أقل من (5 mm) وكذلك النسبة المئوية للمنتج المطابقة لهذه المواصفة؟ . من جدول النتائج (٣-٤) والشكل (٣-٤) و(٣-٦) يمكن بسهولة تبيان أن عدد القطع التي تطابق هذه المواصفة هي ٨ قطع من أصل ١٢ قطعة مفحوصة وهذا ما يمثل نسبة ٦٦.٦٦ % من القطع المفحوصة أو بعبارة أخرى فإن نسبة الإنتاج الغير مطابق للمواصفة والذي قد يسبب مشاكل في جودة المنتج يعادل ٣٣.٣٤ % من المنتج الإجمالي.

٢-٥ خطوات عمل التوزيع التكراري في حالة بيانات عامة

في هذه الفقرة سوف نقوم بتقديم الطريقة العامة لعمل التوزيع والمدرج التكراري في حالة بيانات حقيقية والتي تمثل الاختلافات التي قد تحدث في خصائص المنتجات الصناعية أو الخدمات.

يتم عمل التوزيع التكراري بإتباع الخطوات العملية التالية:

الخطوة الأولى : نأخذ عينة من العملية تحتوي على (n) وحدة ونسجل البيانات الخام للجودة.

الخطوة الثانية : نوجد من البيانات أكبر قيمة (X_L) وأصغر قيمة (X_S)

الخطوة الثالثة : نحسب مدى البيانات (Range) والذي يمثل الفرق بين القيمتين:

$$R = X_L - X_S$$

الخطوة الرابعة : قصد تبويب البيانات على فئات، نقوم بتقسيم المدى (R) إلى عدد (k) من المجالات أو الفئات المتساوية تكون فترة كل واحدة (h) بحيث تكون لدينا العلاقة : $h = R / k$

وأن عدد الفئات (k) نختاره حسب عدد البيانات التي نقوم بدراستها وكما هو مبين من الجدول (٣-٥).

حجم العينة n	عدد الفئات k
أقل من 50	7 – 5
100 – 50	10 – 6
250 – 100	12 – 7
أكثر من 250	20 - 10

الجدول ٣-٥ توصيات إيشيكاوا لحساب عدد الفئات في التوزيع التكراري (Ishikawa, 1982)

يمكن تحديد عدد الفئات k بحساب قيمة الجذر التربيعي لعدد البيانات الخام أي :

$$k = \sqrt{n}$$

أو باستعمال قانون ستورج (Sturge`s rule) : $k = 1 + 3.322[\log_{10}(n)]$

عند حساب مجال الفئات (h) ينصح باستعمال قيمة تقريبية بسيطة للقيمة التي نتجت عن الكسر (R/k) وهذا لتبسيط حساب حدود كل فئة. فمثلا قيمة 2.74 تقرب إلى 2.5 وقيمة 1.03 تقرب إلى 1 وقيمة 59 تقرب إلى 60 وهكذا.

الخطوة الخامسة : نقوم بتحديد مراكز الفئات وحدودها على النحو التالي:

نقوم بتعيين الحد الأدنى للفئة الأولى ويجب أن يكون هذا الحد مساويا أو أصغر من أصغر قيمة في البيانات (X_S). عادة ما نأخذ هذا الحد كقيمة الطرح بين (X_S) ونصف وحدة القياس الحقيقية في البيانات. فمثلا إذا كانت قيمة $X_S = 20$ فيمكن أخذ الحد الأدنى للفئة الأولى (20-0.5 = 19.5). ونحصل على الحد الأعلى للفئة الأولى بإضافة قيمة فترة الفئات (h) إلى الحد الأدنى.

يمكن أن نأخذ الحد الأعلى للفئة السابقة كحد أدنى للفئة التي تلي ويحسب حدها الأعلى بإضافة قيمة فترة الفئة وهكذا . ويجب أن يكون الحد الأعلى للفئة الأخيرة مساويا أو أكبر من أكبر قيمة في البيانات (X_L).

نقوم بحساب مركز كل فئة وهذا بداية من الفئة الأولى حسب العلاقة :

$$(MP_1=Xs + h/2)$$

ثم مركز الفئة الثانية بإضافة قيمة الفترة : $(MP_2=MP_1 + h)$

و مركز الفئة الثالثة: $(MP_3=MP_2 + h)$ وهكذا حتى آخر فئة.

الخطوة السادسة : نقوم بإفراغ بيانات الفئات التي قمنا بحسابها في جدول ومن ثم نقوم بعد تكرار القيم التي تقع في حدود كل فئة وهذا باستعمال طريقة العد بالحزم (Tabulation) المتمثلة في استعمال خط عمودي لكل قراءة وخط مائل للقراءة الخامسة وهذا ما يسهل عملية جمع التكرارات في كل فئة.

الخطوة السابعة : نرسم المدرج التكراري (Histogram).

٦ تحليل التوزيع التكراري ومقاييس النزعة المركزية والتشتت وإستعمالها في التحسين المستمر للعمليات

إن تحليل التوزيع التكراري للعملية الإنتاجية أو الخدمية التي تقع تحت المراقبة لا يمكن أن يؤدي إلى نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات (decision making) أو الإجراءات التصحيحية (corrective actions) إلا إذا تأكدنا من أن العملية تسير في ظروف طبيعية خلال فترة الدراسة وليس هناك أي ظروف غير عادية تؤثر عليها، ومن هذا يمكن تعميم النتائج التي نحصل عليها من دراسة التوزيع

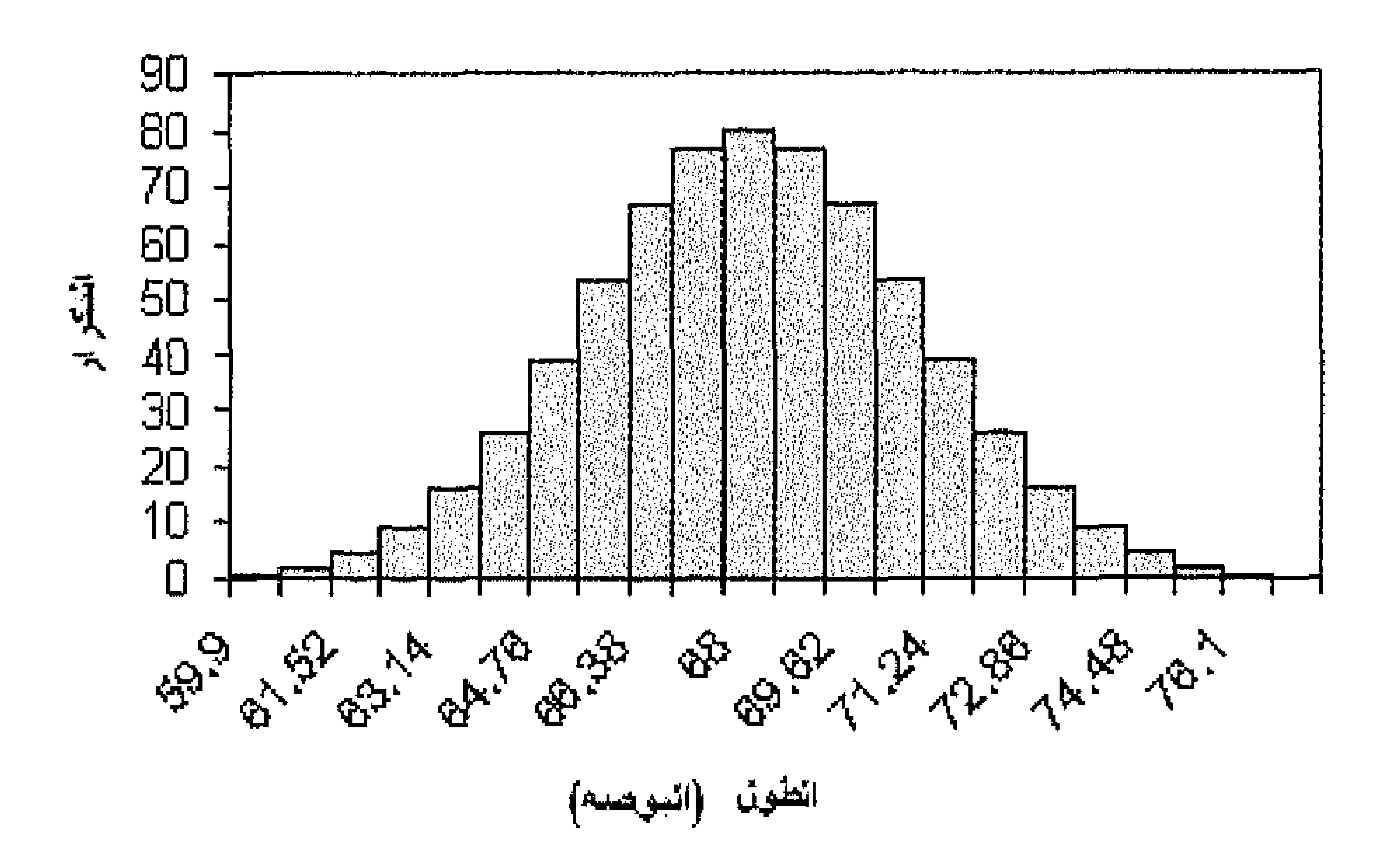
التكراري للعينة المدروسة إلى بقية العملية ويتم تحليل التوزيع التكراري بدراسة ثلاث نقاط رئيسية تخص التوزيع التكراري:

- شكل التوزيع التكراري (Forms of Distributions)
- النزعة المركزية (Central Tendency)
- التشتت والاختلافات (Dispersion and variability)

٦-١ أشكال التوزيعات التكرارية

٦ - ١ - ١ التوزيع الطبيعي (Normal Distribution)

يعد التوزيع الطبيعي (أو العادي) أهم توزيع احتمالي للمتغيرات المتصلة التي تحدث في الطبيعة ومنحناه عبارة عن شكل جرس (bell-shaped curve) . في هذا التوزيع التكراري يكون احتمال وجود القيم متناظرة بالنسبة للقيمة المتوسطة. الشكل (٣- ٩) يبين التوزيع التكراري لطول عينة من طلبة كلية الهندسة.



الشكل ٣ - ٩ التوزيع التكراري الطبيعي لطول عينة من الطلبة

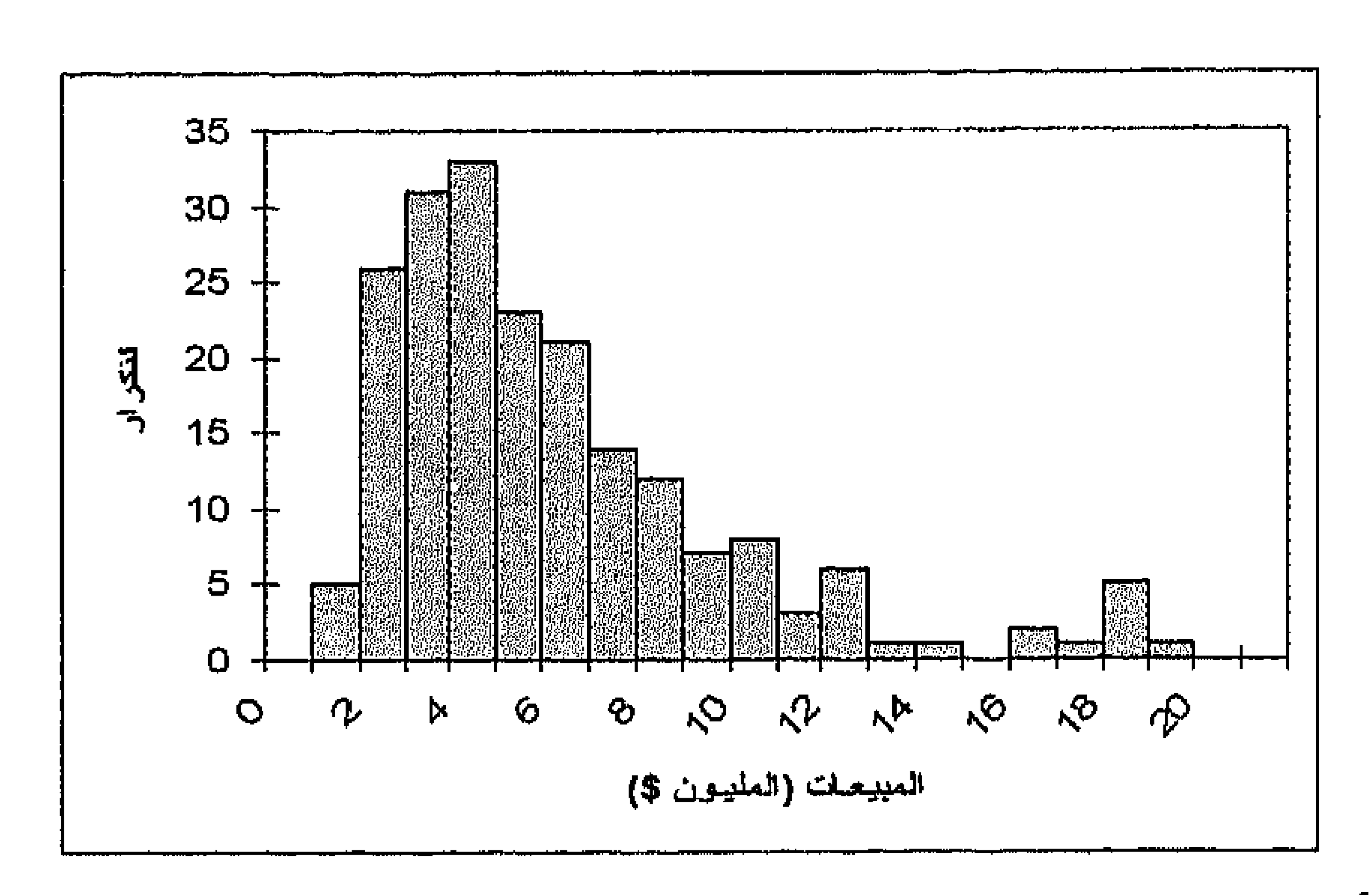
٦ - ١ - ٢ أشكال أخرى (عملية) من التوزيعات التكرارية

في الواقع العملي توجد أشكال متعددة من التوزيعات التكرارية ويمكن وصفها وتصنيفها حسب الخواص الأساسية التالية:

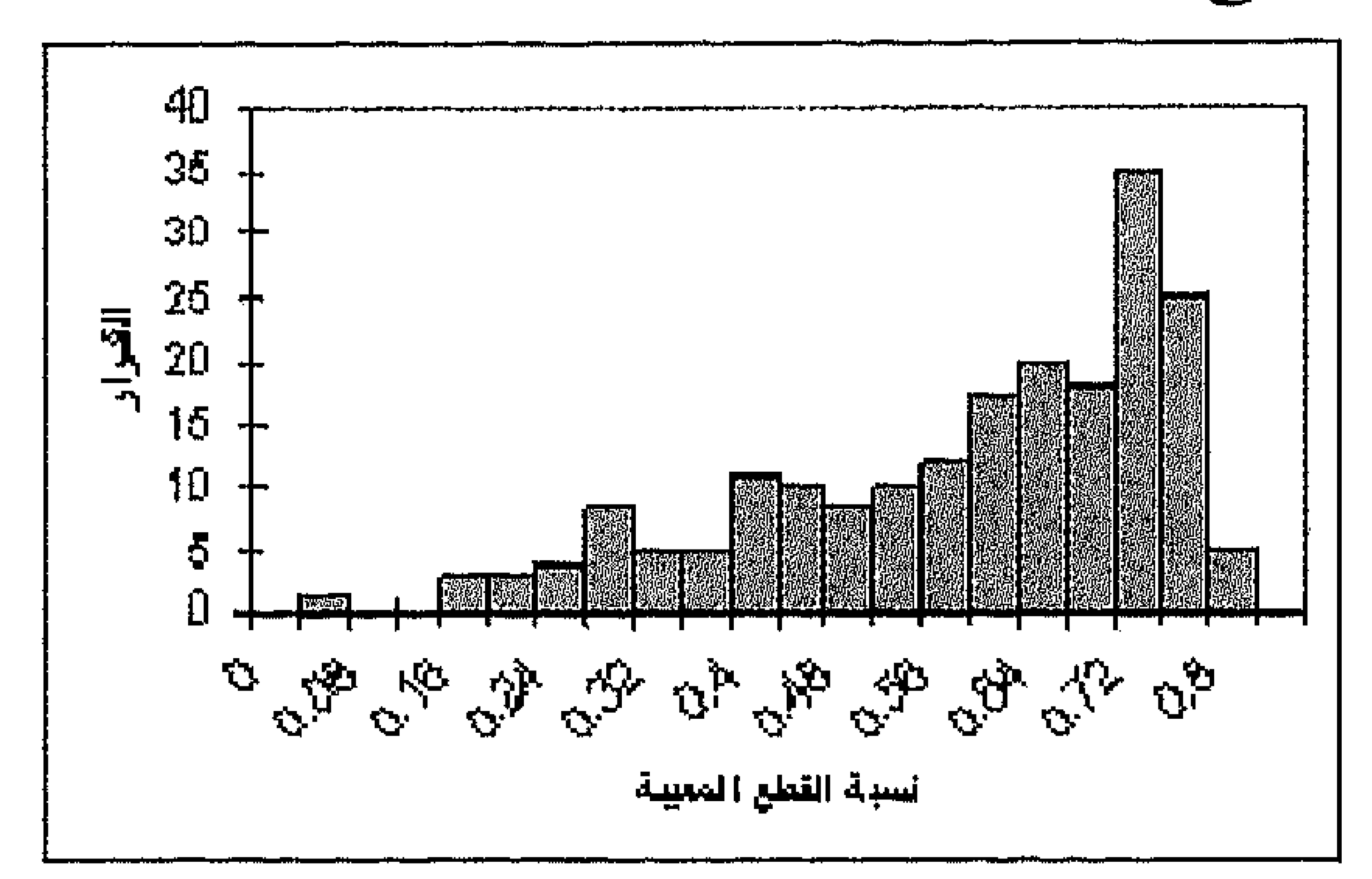
- التماثل (Symmetry)
- عدد المنوال والقمم المتواجدة في التوزيع (Number of Modes and Peaks)
- تفرطح التوزيع (Peakedness of the data)

٦-١-٢-١ التماثل والالتواء في التوزيع التكراري:

يعتبر التوزيع التكراري متماثلا (Symmetrical) إذا تمكنا من وضع محور عمودي يقسم التوزيع إلى قسمين متناظرين ومتطابقين. يمثل التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) المبين على الشكل (٣-٩) هذا النوع من التوزيعات. في المجالات الصناعية والخدمية، يصعب الحصول على توزيعات متماثلة تماما وإنما يمكن الحصول على توزيعات شبه متماثلة وتسمى التوزيعات التي يكون فيها عدم التماثل واضحا بالتوزيعات الملتوية (Skewed Distributions) ويمكن معرفتها من خلال شكلها الذي يبين أحد طرفي التوزيع مائلا إلى جهة اليمين أو جهة اليسار وتكون القيمة العليا فيه بعيدة عن المركز كما هو موضح على الأشكال (٣-١٠) (أ) و(ب).



(أ) توزيع ملتو نحو اليمين (Right Skewed Distribution)



(ب) توزيع ملتو نحو اليسار (Left Skewed Distribution)

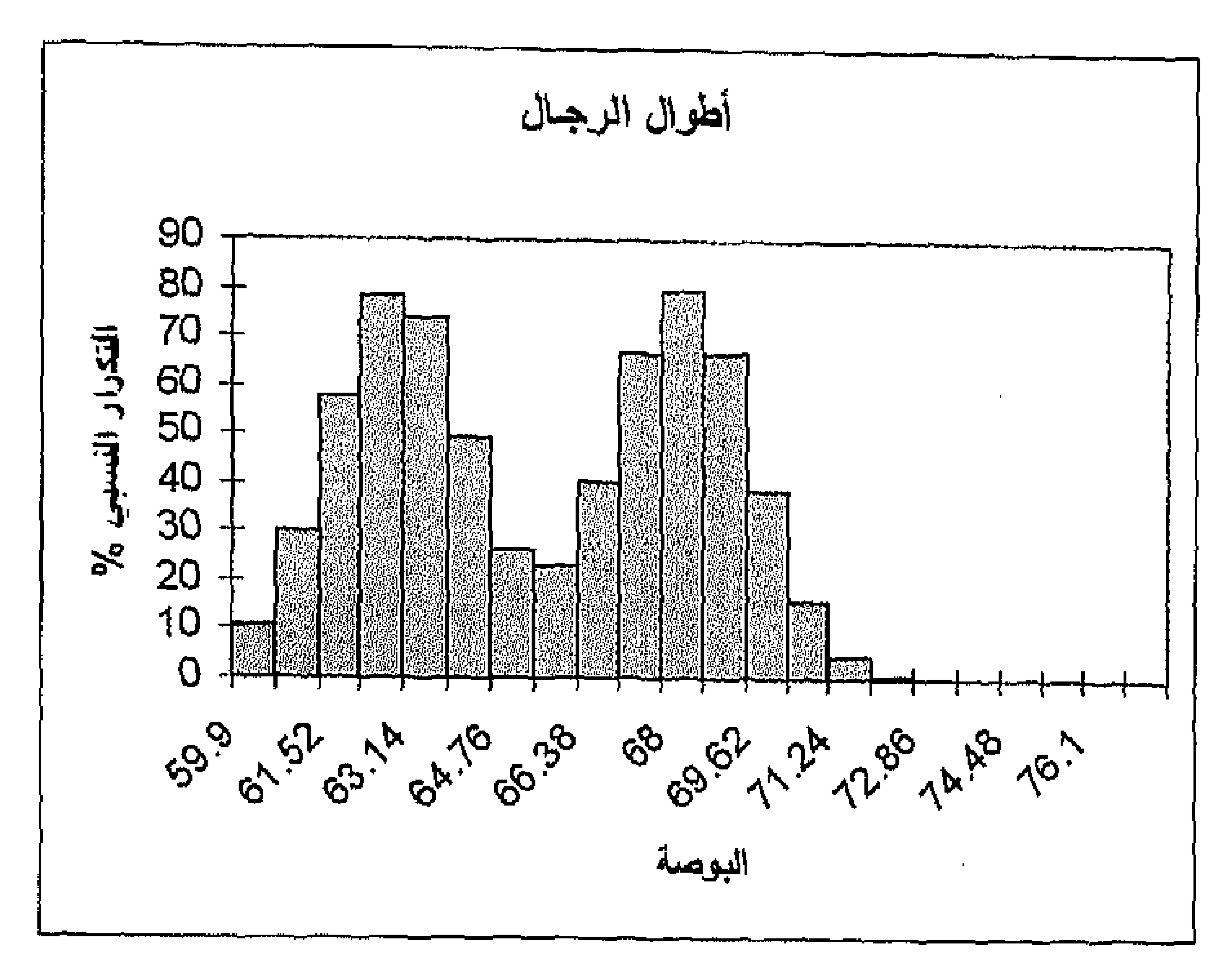
الشكل ٣ – ١٠ الالتواء في التوزيع التكراري

٦-١-٢-٢ عدد المنوال في التوزيع

الخاصية الثانية التي يمكن أن تميز التوزيعات التكرارية هي عدد المنوال الموجودة في التوزيع والتي تمثل عدد القمم أو القيم العظمى الموجودة في البيانات ومنه يمكن تصنيف التوزيعات التكرارية إلى أحد الأنواع التالية:

- توزيع أحادي المنوال (One mode Distribution)
- توزيع ثنائي المنوال (Bimodal Distribution)
- توزيع متعدد المنوال (Multimodal Distribution)

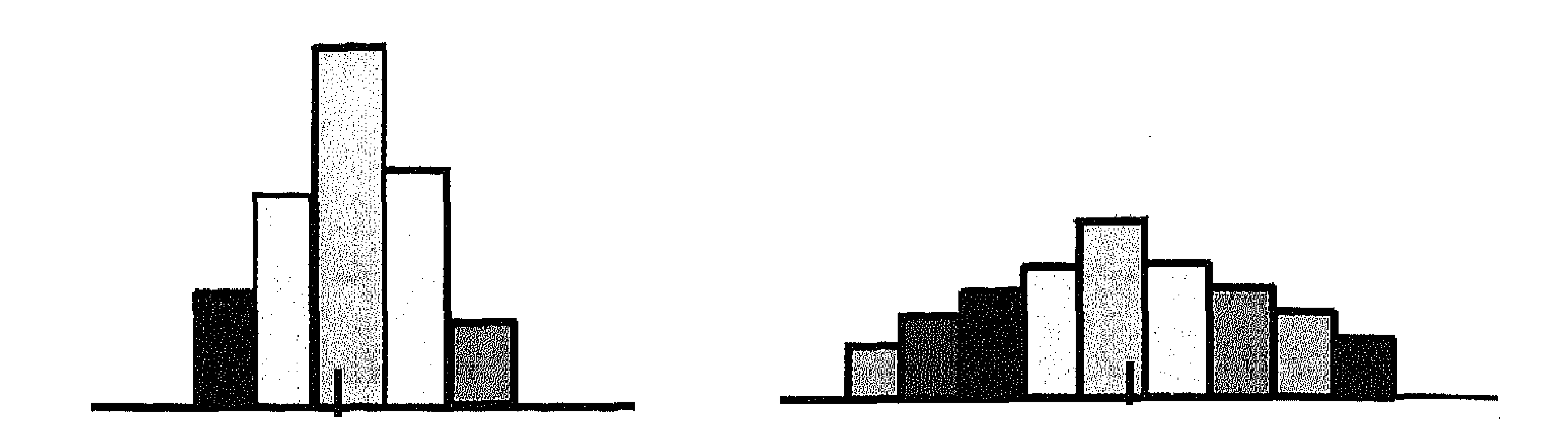
تمثل الأشكال (٣-١٠ - أ وب) توزيعات تكرارية أحادية المنوال في حين يمثل الشكل (٣-١١) توزيعا ثنائي المنوال أين نلاحظ وجود قمتين في التوزيع وإذا زاد عدد القمم عن اثنين فيسمى التوزيع بمتعدد المنوال.



الشكل ٣ – ١١ توزيع ثنائي المنوال (Bimodal Distribution)

٣-٢-١-٦ التفرطح في التوزيع (Peakedness of the data)

يعتبر التفرطح من المميزات الهامة في التوزيعات التكرارية، إذ من خلاله يمكن قياس درجة علو قمة التوزيع مقارنة مع التوزيع الطبيعي. إذا كان التوزيع مسطحا وغير حاد فيشار إليه بأنه كبير التفرطح (Playkurtic) وإذا كان حادا ومدببا فهو قليل التفرطح (Leptokurtic).



(أ) توزيع مفرطح (ب) توزيع مدبب

الشكل ٣ – ١٢ التفرطح في التوزيع

٦ – ٢ مقاييس النزعة المركزية

يستعمل التوزيع التكراري في ضبط ومراقبة الجودة بكفاءة عالية وبإضافة الدراسة التحليلية لبيانات الجودة يمكن استخلاص نتائج جيدة تخص الجودة وسير العملية الإنتاجية أو الخدمية. تسمح الدراسة التحليلية بحساب معاملات عددية تسمح بقياس كل من النزعة المركزية للبيانات وتشتتها. من خلال حساب معاملات النزعة المركزية يمكن تحديد موقع التوزيع التكراري ومقارنته بالمواصفات الاسمية (Nominal Specifications) التي تمثل الهدف في العملية ومن ثم يمكن تحديد نسب المنتج غير المطابق للمواصفات. توجد هناك ثلاثة مقاييس للنزعة المركزية شائعة الاستعمال في مجال ضبط الجودة، وهي:

- المتوسط (Mean or Average)
- الوسيط (Median)
- المنوال (Mode)

٦ – ٢ – ١ المتوسط (Average) أو الوسط الحسابي (Arithmetic Mean)

يعتبر المتوسط أهم مقاييس النزعة المركزية المستعملة في مجال الدراسات الإحصائية بصفة عامة وفي مجال ضبط الجودة بصفة خاصة. ويعرف بأنه قيمة حاصل قسمة مجموع القيم على عددها، بمعنى أنه إذا كان لدينا n من قيم البيانات $(X_1,..,X_n)$ فإن متوسط هذه القيم، والذي نرمز له بـ $\overline{X}$ يحسب حسب العلاقة التالية:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Xi}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots\dots\dots + X_n}{n}$$

في حالة ما إذا كانت البيانات معطاة في توزيع تكراري حيث نعلم كل قيمة وتكرارها أو معلوم لدينا الفئات والتكرارات المقابلة لها فإننا نعتبر أن التكرار يتراكم على مركز الفئة ونعرف المتوسط حسب العلاقة التالية :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} f_i X_i}{n} = \frac{f_1 X_1 + f_2 X_2 + \dots\dots\dots + f_k X_k}{f_1 + f_2 + \dots\dots\dots + f_k}$$

أين تمثل كل من:

n = مجموع التكرارات (و يساوي مجموع قيم البيانات)

f_i = التكرار في الفئة (أو تكرار القيمة)

X_i = قيمة مركز الفئة (أو القيمة)

k = عدد الفئات (أو عدد القيم المشاهدة)

لتوضيح طريقة حساب قيمة المتوسط نأخذ المثال المبين على الجدول (٣–٢) والذي تمت دراسته في بداية هذا الباب كما سوف نستعمل هذه البيانات لتوضيح طريقة حساب بقية مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت التي سنقوم بعرضها في الفقرات

الموالية. نلاحظ أنه قد تم تصنيف هذه البيانات وتقسيمها إلى خمس فئات في الجدول (٣-٣)، ومنه يمكن حساب المتوسط لهذه البيانات كما يلي :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Xi}{n} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$

$$\overline{X} = \frac{2+3+5+4+3+6+3+4+5+4+6+3}{12}$$

$$\overline{X} = \frac{48}{12} = 4$$

أو باستعمال علاقة التكرار على النحو التالي:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} f_i X_i}{n} = \frac{f_1 X_1 + f_2 X_2 + ... + f_k X_k}{f_1 + f_2 + ... + f_k}$$

$$\overline{X} = \frac{1\times 2 + 4\times 3 + 3\times 4 + 2\times 5 + 2\times 6}{1+4+3+2+2}$$

$$\overline{X} = \frac{2+12+12+10+12}{12} = \frac{48}{12}$$

$$\overline{X} = 4$$

نلاحظ أننا حصلنا على نفس قيمة المتوسط باستعمال الطريقتين وهذا لأننا لم نضيع أي معلومات عندما قمنا بتصنيف البيانات الخام إلى توزيع تكراري (الجدول (٣-٣)). نشير هنا أنه في بعض الحالات العملية حينما نقوم بتصنيف البيانات في فئات فإن بعض هذه البيانات قد توزع بطريقة تؤدي إلى إحداث فروق بسيطة في حساب المتوسط بالطريقتين ولكن هذا الفرق لا يكون كبيرا بحيث يؤثر على تحليل التوزيع التكراري.

٦ – ٢ – ٢ الوسيط (Median)

الوسيط هو أحد مقاييس النزعة المركزية، ويعرف بأنه القيمة التي تقسم قيم البيانات المرتبة ترتيبا تصاعديا أو تنازليا إلى قسمين بحيث يكون عدد القيم الأعلى

من هذه القيمة يساوي عدد القيم الأدنى منها. يعني أنه إذاكان عدد البيانات فرديا فالوسيط هو العدد الأوسط وإذاكان عدد البيانات زوجيا فهو المتوسط الحسابي للعددين الأوسطين. فمثلا وسيط بيانات الجدول (٣-٣) وهي (6, 5, 4, 3, 2) هو العدد (M=4) لأن المجموعة فيها 5 قيم ووسيطها هو العدد الموجود في المرتبة الثالثة، بينما يكون وسيط القيم المرتبة (22, 24, 24, 24, 30, 30) والتي عددها 6 هو متوسط القيمتين 24 و24 أي (M=(24+24)/2 = 24).

٦ – ٢ – ٣ المنوال (Mode)

المنوال في مجموعة من الأعداد هو القيمة التي تتكرر أكثر من غيرها، بمعنى آخر إذا وضعت البيانات في توزيع تكراري فإن المنوال هو تلك القيمة التي يقابلها أكبر تكرار، فمثلا في بيانات التوزيع التكراري في جدول (٣-٣) فإن القيمة 3 لها أكبر تكرار (f = 4) في المجموعة وبالتالي فإن قيمة المنوال هي : Mo = 3

يمكن أن يكون التوزيع التكراري أحادي المنوال (Unimodal Distribution) مثل التوزيعات التكرارية الموضحة على الأشكال (٣-١٠) و(٣-١٢) أو مزدوجة المنوال (Bimodal Distribution) كما هو موضح على الشكل (٣-١٣) أو متعددة المنوال (Multimodal Distribution) في حالة وجود أكثر من منوال.

٦ – ٣ مقاييس التشتت (Measures of Dispersion)

لقد رأينا في الجزء السابق (٦-٢) مقاييس النزعة المركزية التي تسمح لنا بمعرفة مركز التوزيعات التكرارية وقد أثبتت التجارب أنه بالإمكان الحصول على عمليتين توزيعاتهما التكرارية لهما نفس المتوسط (أو الوسيط والمنوال) وهما مختلفان في نفس الوقت. ففي هذه الحالة تصبح مقاييس النزعة المركزية غير كافية لدراسة التوزيع

التكراري ونلجأ إلى حساب مقاييس التشتت في البيانات. تسمح مقاييس التشتت بتبيان مدى اختلاف البيانات فيما بينها والتغير الموجود بين وحدات المنتج أو الخدمة ومن خلالها يمكن الإجابة عن أسئلة مثل هل البيانات متقاربة مع بعضها البعض؟ أم هي متباعدة ومتشتتة عن بعضها البعض؟ وما هو مدى التباين والاختلافات؟ ومن أهم مقاييس التشتت المستعملة في مجال ضبط الجودة هي:

- المدى (Range)
- التباين (Variance)
- الانحراف المعياري (Standard Deviation)
- وهناك مقاييس أخرى للتشتت مثل الانحراف المتوسط (Mean Deviation) والانحراف الربيعي (Quartile Deviation) ليس لديها أي استعمالات مهمة في مجال ضبط الجودة، ولهذا فسوف نركز فيما يلي على المقاييس الثلاثة الأولى.

٦ – ٣ – ١ المدى (Range)

يعرف مدى مجموعة من البيانات بأنه الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة في هذه البيانات، بحيث إذا كانت X_L تمثل أكبر قيمة في البيانات و X_s هي أصغر قيمة ، فإن المدى: $R = X_L - X_s$ ، فمثلا مدى بيانات الجدول (٣–٢) فإن أكبر قيمة هي : $X_L = 6$ وأصغر قيمة هي : $Xs = 2$ ، وبالتالي فإن قيمة المدى هي:

$$R = X_L - Xs = 6 - 2 = 4$$

٦ – ٣ – ٢ التباين (Variance)

يعتبر التباين والانحراف المعياري أهم مقاييس التشتت التي تقيس مدى انتشار القيم عن بعضها البعض أو عن قيمة معينة. والتباين (Variance) هو مقياس لمدى

ابتعاد القيم Xi عن القيمة المتوسطة $\overline{X}$ للعينة المدروسة، ويحسب حسب العلاقة التالية:

$$v = s^2 = \frac{\sum_{1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}$$

٦ – ٣ – ٣ الانحراف المعياري (Standard Deviation)

يعرف الانحراف المعياري بأنه الجذر التربيعي للتباين أي :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}$$

من أجل توضيح طريقة حساب قيم التباين والانحراف المعياري، نأخذ بيانات الجدول (٣-٢) ونعيد كتابتها هنا في الجدول التالي علما بأنه قد تم حساب القيمة المتوسطة لهذه البيانات وهي $\overline{X} = 4$ في الفقرة (٦-٢-١) .

القطعة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
قيمة Xi	2	3	5	4	3	6	3	4	5	4	6	3
$X_i - \overline{X}$	-2	-1	1	0	-1	2	-1	0	1	0	2	-1
$(X_i - \overline{X})^2$	4	1	1	0	1	4	1	0	1	0	4	1
$\sum_{1}^{12}\left(X_i - \overline{X}\right)^2 = 18$				$\overline{X} = 4$					n = 12			

الجدول ٣-٦ حساب التباين والانحراف المعياري لبيانات العملية

ونحسب التباين لبيانات العينة:

$$v = s^2 = \frac{\sum_{1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}$$

$$s^2 = \frac{18}{12-1} = \frac{18}{11} = 1.6363$$

وكذلك الانحراف المعياري لبيانات العينة:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{18}{12-1}} = \sqrt{1.6363} = 1.2792$$

إذا كانت البيانات معطاة في توزيع تكراري حيث نعلم كل قيمة وتكرارها أو الفئات والتكرارات المقابلة لها فإننا نعتبر أن التكرار(fi) يتراكم على مركز الفئة (Xi) ويحسب كل من التباين والانحراف المعياري s من العلاقة التالية:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{h}(X_i - \overline{X})^2 . f_i}{n-1} \quad ; \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{h}(X_i - \overline{X})^2 . f_i}$$

وكذلك يمكن حساب كل من التباين والانحراف المعياري للبيانات نفسها والتي تم تصنيفها وتبويبها على شكل توزيع تكراري في الجدول (٣-٣) :

$(X_i - \overline{X})^2 . f_i$	$(X_i - \overline{X})^2$	$X_i - \overline{X}$	التكرار fi	الفئة Xi
4 x 1 = 4	$(-2)^2 = 4$	2 - 4 = -2	1	2
4	1	-1	4	3
0	0	0	3	4
2	1	1	2	5
8	4	2	2	6
$\sum = 18$			$\sum = 12$	

الجدول ٣-٧ حساب التباين والانحراف المعياري لبيانات التوزيع التكراري

ومن علاقة التباين نحسب قيمته:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k}(X_i - \overline{X})^2 . f_i}{n-1} = \frac{18}{12-1} = \frac{18}{11} \approx 1.6363$$

وكذلك الانحراف المعياري :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{k}\left(X_i - \overline{X}\right)^2 . f_i} = \sqrt{\frac{1}{11}18} = \sqrt{1.6363} = 1.2792$$

نلاحظ هنا أن هذه القيم مطابقة تماما للقيم التي قمنا بحسابها من قبل. إن كل مقاييس التشتت التي عرضناها إلى الآن ، تعتمد على وحدة القياس المستعملة في البيانات (m, kg, s) وعادة ما نود الحصول على مقياس للتشتت لا يعتمد على الوحدة المستعملة وهنا يستعمل معامل التغير (Variation Coefficient) وهو معرف كما يلي (Montgomery, 2004):

$$C_x(\%) = \frac{s}{\overline{\overline{X}}} \times 100$$

فمثلا بالنسبة للبيانات السابقة فإن معامل التغير :

$$C_x(\%) = \frac{s}{\overline{\overline{X}}} \times 100 = \frac{1.2792}{4} \times 100 = 31.98\%$$

في مجال ضبط الجودة ومراقبة العمليات عادة ما يستعمل هذا المعامل لمقارنة التغير في مجموعتين من البيانات التي تم تجميعها من عمليتين متماثلتين أو في نفس العملية الإنتاجية أو الخدمية ولكن في فترات مختلفة (Henderson, 2011)، كما سيتم توضيحه فيما بعد من خلال أمثلة من واقع العمليات.

٦ – ٤ مقاييس أخرى

إضافة إلى مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت، هناك مقاييس أخرى تستعمل في مجال ضبط الجودة لدراسة وتحليل التوزيعات التكرارية وهي تخص خاصيتي الالتواء والتفرطح في التوزيعات التكرارية.

٦ – ٤ – ١ مقاييس الالتواء (Skewness Measures)

كما تم شرحه سابقا، يكون التوزيع التكراري ملتويا نحو اليمين أو موجب الالتواء (Positive Skewness) إذا كان طرف ذيله ممتدا نحو اليمين، أما إذا كان طرفه ممتدا نحو اليسار فإنه يقال إن التوزيع سالب الالتواء (Negative Skewness) أو ملتو نحو اليسار (Skewed to the left) وهذا ما تم إيضاحه عن طريق الشكل (٣-١٠ (أ) و(ب)). عمليا وحتى نتمكن من معرفة نوعية الالتواء في التوزيع التكراري، نقوم بحساب مقياس الالتواء (Skewness Factor) المعرف كما يلي:

$$a_1 = \frac{3(\bar{X} - M)}{s}$$

أين يمثل كل من $\bar{X}$ المتوسط وM الوسيط وs الانحراف المعياري للعينة.

هناك مقياس للالتواء أكثر استعمالا في مجال ضبط الجودة وهو مبني في تعريفه على العزم الثالث حول المتوسط (m_3) ونحسبه من العلاقة التالية:

$$a_3 = \frac{m_3}{s^3}$$

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^3}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(X_i - \bar{X})^3 . f_i}{n}$$

Xi : هي مراكز الفئات في التوزيع التكراري ، fi : تمثل التكرارات في كل فئة

s : تمثل الانحراف المعياري و k : عدد الفئات في التوزيع التكراري.

ويستعمل مقياس الالتواء لتحديد نوع الالتواء في التوزيعات التكرارية وهذا حسب إشارة هذا المقياس :

- إذا كان مقياس الالتواء $a_3 > 0$: فإن التوزيع يكون موجب الالتواء
- و إذا كان مقياس الالتواء $a_3 < 0$: فإن التوزيع يكون سالب الالتواء
- إذا كان مقياس الالتواء $a_3 = 0$: فإن التوزيع يكون متماثلا (Symmetrical)

- قيمة مقياس الالتواء $a_3 = +1$: تدل على التواء شديد نحو اليمين، في حين
- قيمة $a_3 = -1$ تدل على أن التوزيع شديد الالتواء نحو اليسار.

كما يمكن أن يستعمل هذا المقياس للمقارنة بين توزيعين تكرارين تم الحصول عليهما من دراسة عمليتين مختلفتين، فالتوزيع ذي مقياس أكبر يكون ملتويا أكثر من التوزيع الثاني ومنه يتم مقارنة أداء العمليتين وجودة مخرجاتها.

٦ – ٤ – ٢ مقاييس التفرطح (Kurtosis Measures)

لقد سبق وأن ذكرنا أن من بين المميزات الهامة في التوزيعات التكرارية هو مقدار التفرطح في التوزيع، والتفرطح هو مقياس لدرجة علو قمة التوزيع مقارنة مع التوزيع الطبيعي، وهناك مقاييس عدة للتفرطح نذكر من أهمها:

أ- معامل التفرطح المئيني (The Percentile Coefficient of Kurtosis)

ب- معامل التفرطح العزومي (The Moment Coefficient of Kurtosis)

ويعتبر المعامل الأخير هو الأكثر استعمالا في مجالات ضبط الجودة ومراقبة العمليات. فمعامل التفرطح العزومي مبني في تعريفه على العزم الرابع حول القيمة المتوسطة للبيانات (m_4) وهو معرف حسب العلاقة التالية:

$$a_4 = \frac{m_4}{s^4}$$

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^4}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(X_i - \overline{X})^4 . f_i}{n}$$

أين يمثل Xi : مراكز الفئات في التوزيع التكراري، fi : تمثل التكرارات في كل فئة s : تمثل الانحراف المعياري و k : عدد الفئات في التوزيع التكراري.

معامل التفرطح (a_4) هو مقياس يؤشر على شكل التوزيع التكراري وهو مقياس لمدى ارتفاع قمة التوزيع بالنسبة للتوزيع الطبيعي (Mesokurtic) الذي يتميز بمعامل تفرطح معياري قيمته ($a_4 = 3$) ومنه يمكن استنتاج ما يلي:

- إذا كان مقياس التفرطح $a_4 > 3$: فإن التوزيع يكون أكثر حدة من التوزيع الطبيعي وهو ذات تفرطح قليل (Leptokurtic) . في هذه الحالة تكون الاختلافات والتغيرات في العملية الخدمية أو الإنتاجية قليلة وبالتالي تصبح جودة العملية جيدة.
- وإذا كان مقياس التفرطح $a_4 < 3$: فإن التوزيع يكون أقل حدة من التوزيع الطبيعي وهو ذو تفرطح كبير (Platikurtic)، وفي هذه الحالة تكون الاختلافات والتغيرات في خصائص المنتج كبيرة مما قد يسبب في إنتاج نسب كبيرة من المنتج المعيب والخارج عن حدود المواصفات.

يلاحظ هنا أن مقاييس الالتواء ومقاييس التفرطح هي معاملات بدون وحدة قياس.

٦ – ٤ – ٣ مثال تطبيقي عن حساب مقاييس الالتواء والتفرطح

لتوضيح طريقة حساب مقاييس الالتواء والتفرطح الذين تم عرضهما في هذه الفقرة، فسنأخذ البيانات المجدولة في الجدول (٣-٣) والتي نعيد صياغتها هنا.

الفئة X_i	التكرار f_i	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^3 . f_i$	$(X_i - \bar{X})^4$	$(X_i - \bar{X})^4 . f_i$
2	1	2–4 = -2	$(-2)^3=-8$	(-8)x1=8	$(-2)^4=16$	16x1=16
3	4	3-4 =-1	$(-1)^3=-1$	(-1)x4=-4	1	4
4	3	4-4=0	0	0x3 = 0	0	0
5	2	5-4=1	$1^3=1$	1x2 = 2	1	2
6	2	6-4=2	$2^3=8$	8x2 = 16	16	32
$\bar{X} = 4$	**n = 12**	**s = 1.279**		**Σ = 6**		**Σ = 54**

الجدول ٣-٨ طريقة حساب مقاييس الالتواء والتفرطح

ونحسب مقياس الالتواء كما يلي :

$$a_3 = \frac{m_3}{s^3}$$

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^{k} \left(X_i - \overline{X}\right)^3 .f_i}{n} = \frac{6}{12} = 0.5$$

$$a_3 = \frac{0.5}{1.2792^3} = \frac{0.5}{2.09} = 0.2389$$

إن قيمة مقياس الالتواء لهذه العملية (a_3=0.238) هي قيمة موجبة وصغيرة مقارنة مع القيمة المعيارية 1 وهذا يدل على أن التوزيع التكراري لهذه العملية به التواء غير حاد نحو اليمين وهذا ما يمكن ملاحظته من خلال المدرج التكراري للعملية الموضح على الشكل (٣-٣).

كما يمكن حساب معامل التفرطح العزومي لهذه العملية على النحو التالي:

$$a_4 = \frac{m_4}{s^4}$$

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^{k} (X_i - \overline{X})^4 .f_i}{n} = \frac{54}{12} = 4.5$$

$$a_4 = \frac{4.5}{1.2792^4} = \frac{4.5}{2.676} = 1.682$$

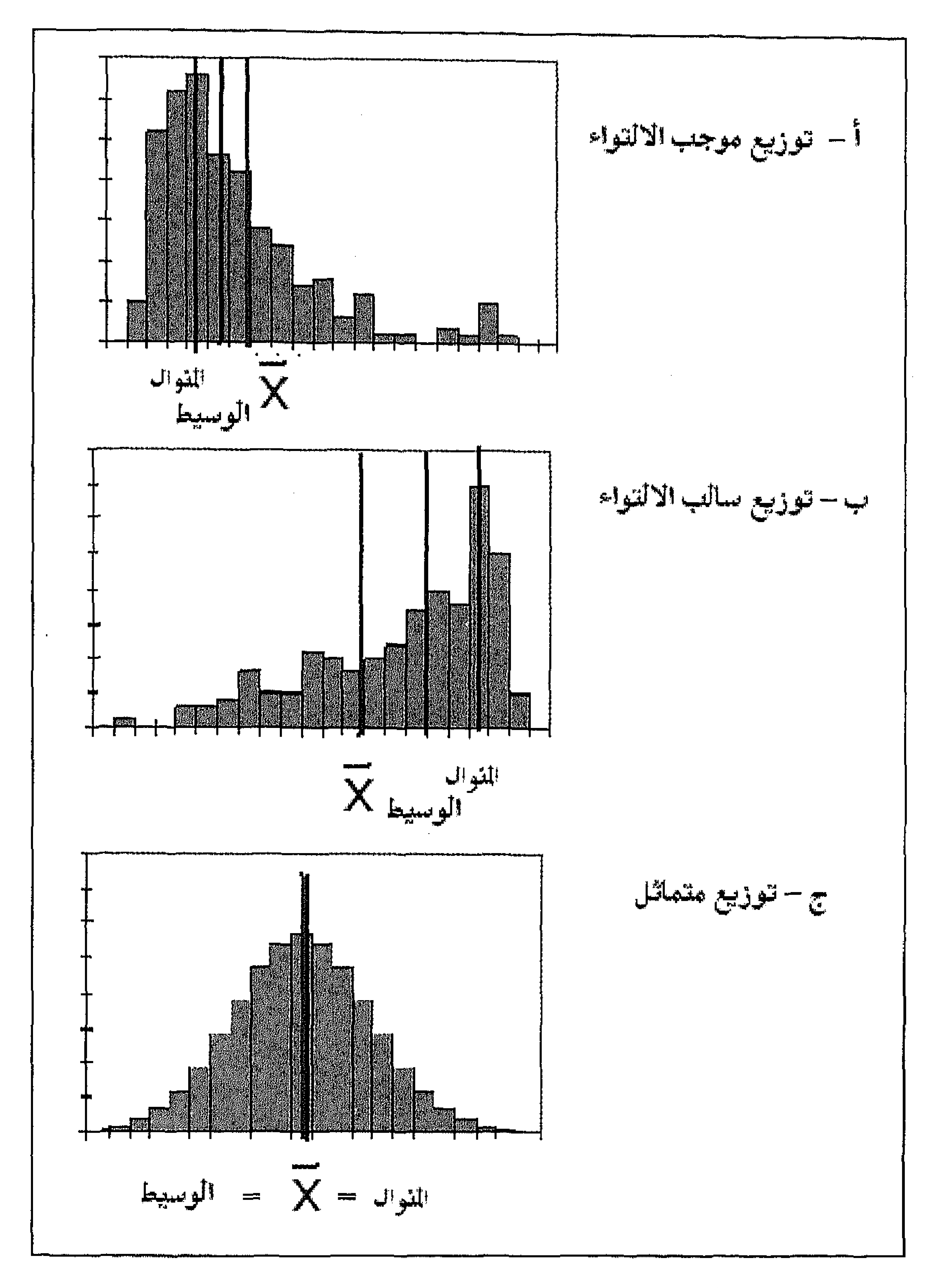
٧ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية والتشتت والجودة

٧ – ١ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية والجودة

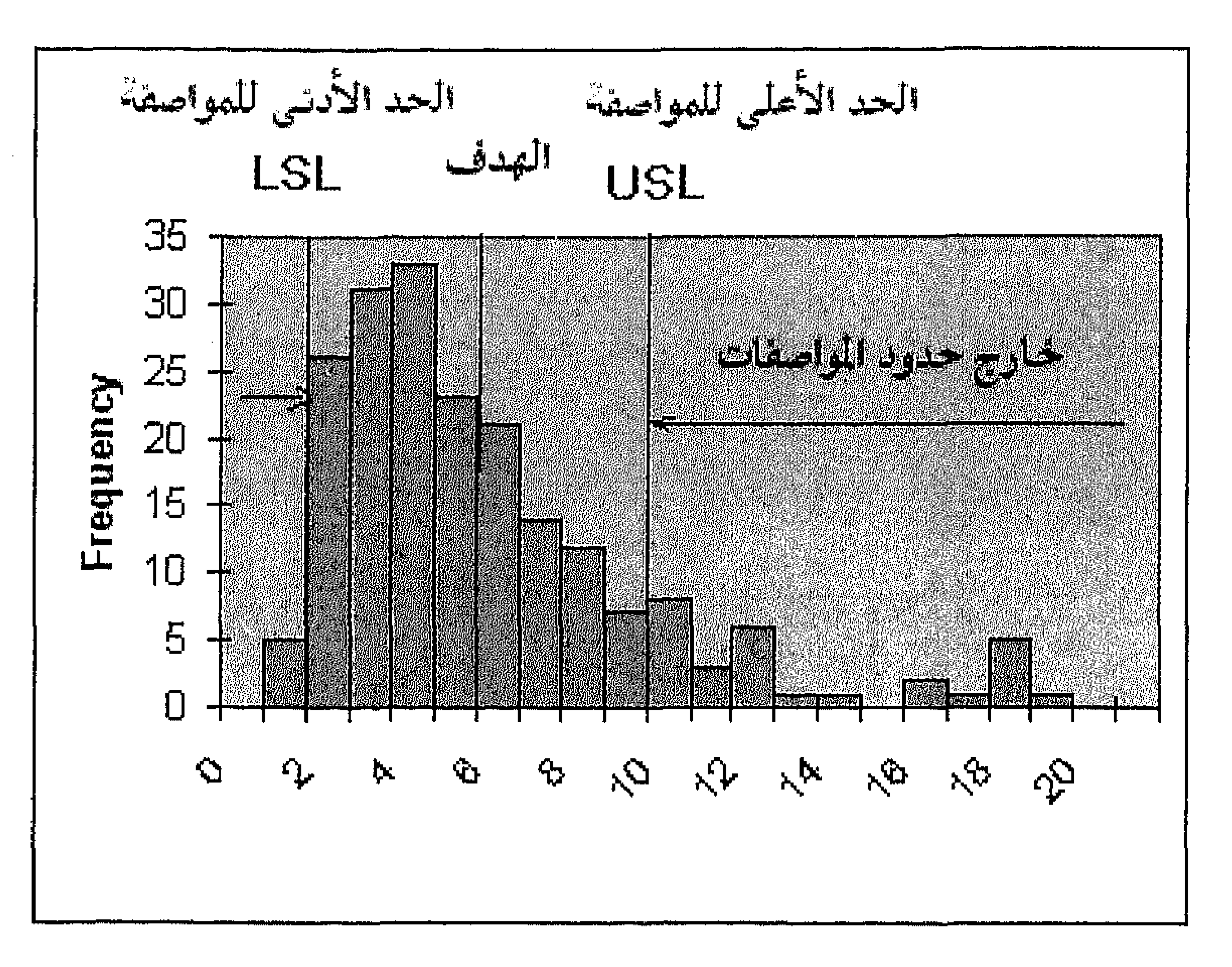
خلال دراسة التوزيعات التكرارية، تسمح مقاييس النزعة المركزية بتحديد فيما إذا كان التوزيع متماثلا (Symmetrical) أو ملتويا (Skewed). فعندما يكون التوزيع ملتويا نحو اليمين فإن غالبية القيم المتطرفة نحو اليمين تؤثر على المتوسط ($\overline{X}$)

وتسحبه نحو اليمين مما يجعل المتوسط ($\bar{X}$) أكبر من الوسيط (M) والمنوال (Mo). الشكل (٣-١٣) يوضح العلاقة بين مختلف المقاييس في حالات مختلفة للتوزيع التكراري (توزيع موجب أو سالب الالتواء وتوزيع متماثل). يمكنك عزيزي القارئ أن تلاحظ هذا من خلال نتائج حساب مختلف المقاييس التي قمنا بها لبيانات الجدول (٣-٣) أين تحصلنا على ($\bar{X} = 4$,M=4, M_0=3, a_3=0.239) وخلصنا إلى أن التوزيع فيه إلتواء موجب بقدر بسيط. أما إذا كان التوزيع ملتويا نحو اليسار، فإن المتوسط يكون أصغر من الوسيط والمنوال، وفي حالة التوزيع المتماثل فإن كل من المتوسط والوسيط والمنوال تكون لديهم نفس القيمة.

إن حدوث التواء موجب أو سالب في التوزيع التكراري دليل على وجود مشكلات في جودة العملية ويحثنا على التساؤل عن مقدرة العملية على تحقيق المنتج حسب المواصفات. ففي هذه الحالة فإن التوزيع التكراري للعملية قد يمتد التوائه إلى خارج حدود المواصفات (الشكل ٣-١٤)، ومنه يجب البحث عن الأسباب التي تؤدي إلى حدوث هذه الالتواءات في التوزيع التكراري لخصائص المنتج أو الخدمة. ففي برامج التحسين المستمر للعمليات (Process Improvement programs) هناك علاقة عامة ومتعارف عليها لدى الممارسين للجودة مفادها أنه يجب أن يكون البحث والتدقيق في ذيل التوزيع الممتد يمينا أو يسارا لأن أكثر مشاكل الجودة تكمن هناك وإذا تم التعرف على هذه الأسباب وإلغائها فإنه يمكن تحقيق مستوى أعلى من التحسين في العملية وبالتالي تحسين جودة المنتج أو الخدمة مما يؤدي إلى تحقيق رضا العميل (Deming, 2000, Maguad, 2006).



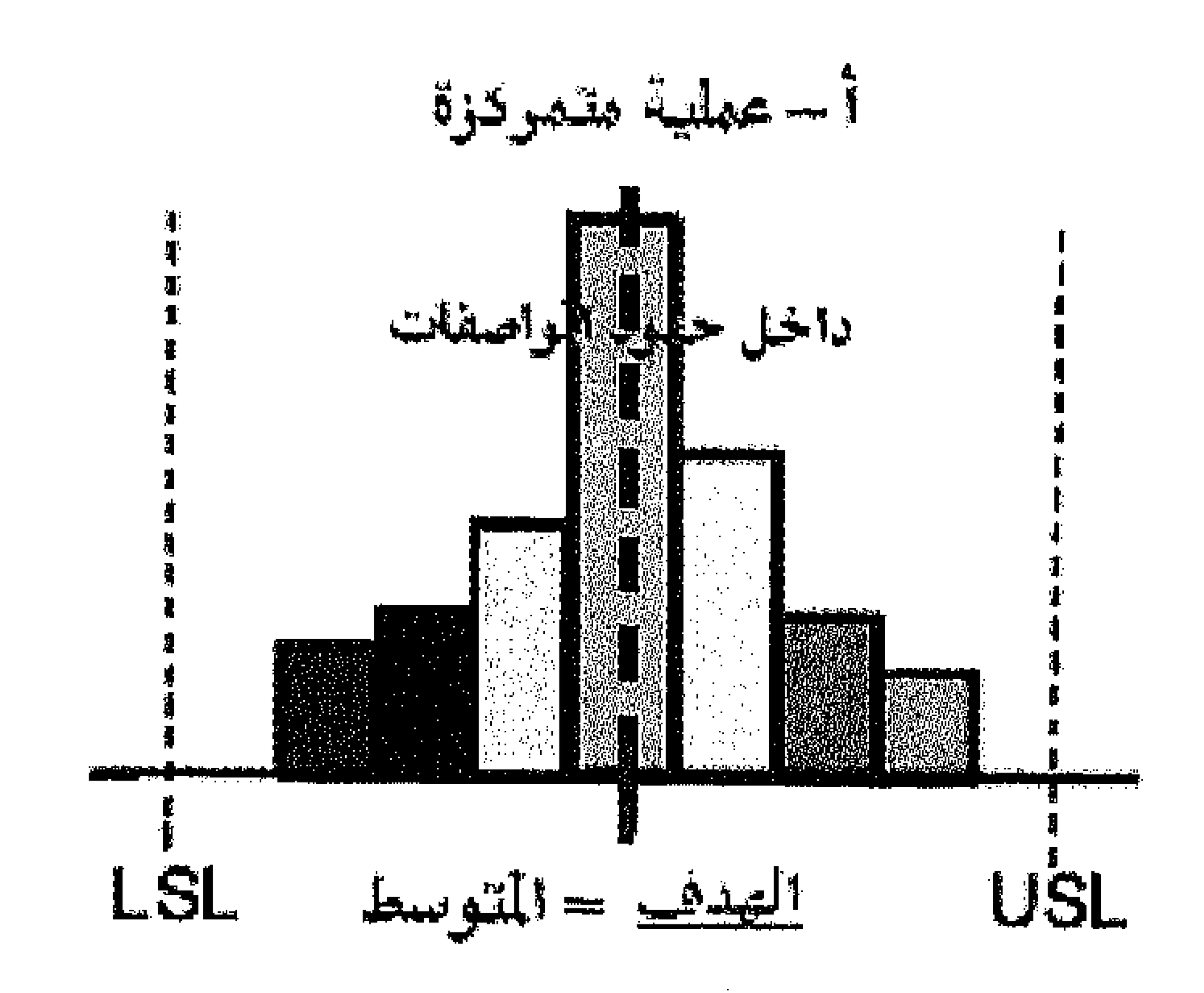
الشكل ٣-١٣ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية

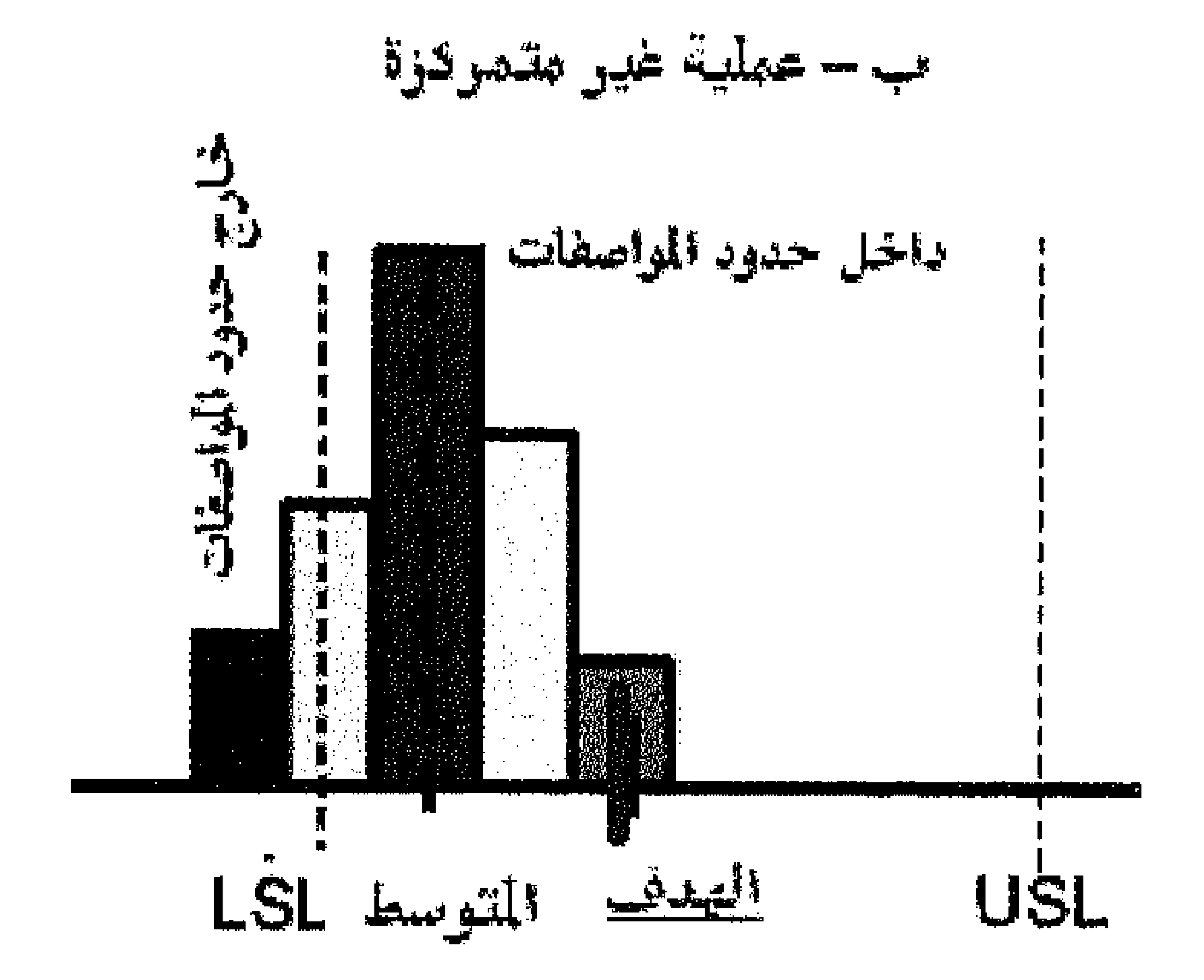


الشكل ٣-١٤ أثر الالتواء في التوزيع على جودة العملية

لكل عملية إنتاجية كانت أم خدمية هدف (Target Value) حيث يمثل هذا الهدف قيمة المواصفة الاسمية (Nominal Value (NV) / Nominal Specification) التي من المفترض أن تنتجها العملية على الرغم من وجود الاختلافات التي أشرنا إليها سابقا. ومن أجل تحقيق الجودة في المنتج أو الخدمة فيجب أن يكون متوسط التوزيع التكراري للعملية ($\bar{X}$) مساويا أو قريبا من القيمة الهدف (NV) وهنا تكون العملية متمركزة (Centered Process) . لاحظ أنه إذا لم تكن الحالة كذلك، أي أنه إذا كان هناك فرق بين القيمتين فإن العملية ستنتج منتجا غير مطابق للمواصفات ويجب اتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة عليها والشكل (٣-١٥) يوضح نموذجين للتوزيع التكراري في حالة تمركز العملية وفي حالة عدم التمركز وكذلك يسمح بمعرفة فيما إذا كانت العملية تقع داخل حدود المواصفات (Specification Limits) أو خارجها وكل هذه مؤشرات مهمة جدا لتحديد مستوى جودة المنتج وتحديد فيما إذا كانت هناك إجراءات تصحيحية يجب اتخاذها

حيال العمليـة أو لا. لاحـظ عزيـزي الـدارس أنـه مـن خـلال دراسـة وتحليـل التوزيـع التكـراري للعمليـة يمكـن تحديـد مقـدرة العمليـة (Process Capability) علـى تحقيـق المواصفات وهذا ما سنراه مع بعض فيما يلي من الفصول من هذا الكتاب بإذن الله تعالى.



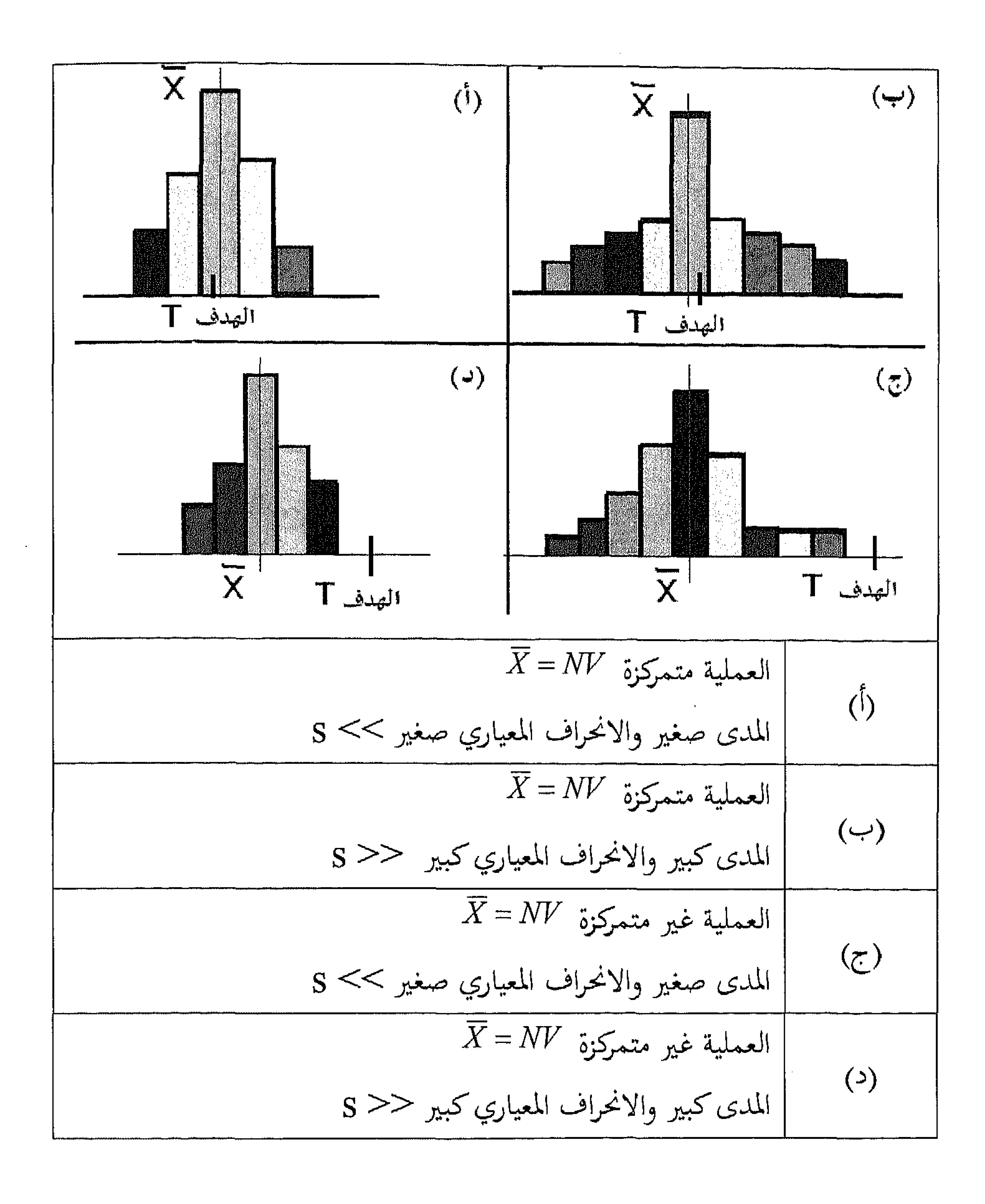


الشكل ٣–١٥ أثر تمركز العملية على الجودة

٧ – ٢ العلاقة بين مقاييس التشتت والجودة

يعتبر المدى في التوزيع التكراري أبسط مقياس للتشتت والتباين في العملية (Process spread)، فهو مقياس لمدى اتساع المجال الحاصل بين أكبر قيمة وأصغر قيمة في بيانات الجودة. إذا كان هذا المدى أصغر من حدود المواصفات (R<(USL-LSL)) فهذا يدل على أن التغيرات والاختلافات الحاصلة في خصائص الجودة صغيرة وبالتالي فإن مستوى الجودة سيكون عاليا، ويمثل هذا هدفا في العملية بحيث يجب اتخاذ كل التدابير العملية لتحقيقه. وإذا كان التوزيع أوسع ومداه أكبر من مجال حدود المواصفات، فهذا مؤشر على وجود اختلافات كبيرة في العملية مما يؤدي إلى إنتاج كميات كبيرة من المنتج دون المواصفات المطلوبة من العميل. ويعتبر كذلك الانحراف المعياري مقياسا مهما جدا لقياس مدى التشتت والتباين الحاصل في العمليات الإنتاجية والخدمية، فكلما كانت قيمة الانحراف المعياري صغيرة كلما كانت جودة العملية جيدة والعكس صحيح وهذا لأن خصائص المنتج أو الخدمة تكون أقرب للقيمة المركزية (المتوسطة) ويكون مستوى التغيرات في العملية بسيطا وبالتالي يكون مستوى الجودة عاليا. يبين الشكل (٣-١٦(أ) و(ب)) نماذج عن توزيعات تكرارية لعمليات متمركزة وأخرى غير متمركزة.

إنه لمن السهل أن يلاحظ أحدنا أنه من بين النماذج الأربعة المبينة في الشكل (٣-١٦) فإن الشكل (أ) الذي يمثل عملية متمركزة وبمقاييس للتشتت صغيرة هو الأنسب للحصول على جودة عالية في المنتج أو الخدمة وهذا ما تسعى المنظمات إلى تحقيقه في عملياتها ولعل فلسفة الستة سيجما (6σ) التي تطرقنا إليها في الفصل الأول هي أحد الأساليب لتحقيق ذلك بحيث تسمح هذه الفلسفة القائمة على تقليل الاختلافات في العمليات ومنه تقليل الفاقد من المنتج إلى حوالي ٣.٤ وحدة في المليون وحدة منتجة.



العملية متمركزة $\overline{X} = NV$ المدى صغير والانحراف المعياري صغير >> S	(أ)
العملية متمركزة $\overline{X} = NV$ المدى كبير والانحراف المعياري كبير << S	(ب)
العملية غير متمركزة $\overline{X} = NV$ المدى صغير والانحراف المعياري صغير >> S	(ج)
العملية غير متمركزة $\overline{X} = NV$ المدى كبير والانحراف المعياري كبير << S	(د)

الشكل ٣-١٦ نماذج عن التمركز والتشتت في التوزيع التكراري

٨ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت باستعمال برنامج الميكروسفت إكسل

من المؤكد، أنك قد لاحظت عزيزي القارئ ، أن عمل التوزيع التكراري لعملية إنتاجية أو خدمية ما وحساب جميع المعاملات الإحصائية التي نستعملها لتحليل هذا التوزيع (مقاييس النزعة المركزية والتشتت) تتطلب منا إجراء عمليات حسابية متكررة وطويلة خاصة إذا كان عدد البيانات المجمعة من العملية كبيرا، وهذا ما قد يؤدي إلى الوقوع في أخطاء حسابية قد تؤثر على التحليل الصحيح للعملية بحد ذاتها. لهذا فإن معظم المنظمات تقوم باستعمال برامج متخصصة في رسم التوزيعات التكرارية وتحليلها مثل (Minitab)، وبرنامج الميكروسوفت إكسل (Microsoft Excel) المتوفر في كل الحواسيب. توفر هذه البرامج على بساطتها سلسلة من الأدوات الإحصائية التي تسمح بعمل التوزيعات التكرارية وكذلك حساب مقاييس النزعة المركزية والتشتت بكل سهولة ويسر وهذا ما سوف نراه مع بعض في هذه الفقرة من خلال أمثلة من واقع العمليات الإنتاجية والخدمية (Levine, 2006, Bass, 2007, Henderson, 2011).

٨-١ مثال لعمل التوزيع التكراري على برنامج الإكسل

بعد أحداث ١١ سبتمبر ٢٠٠١م، قامت إدارات معظم المطارات الدولية بتطبيق إجراءات أمنية مشددة أثرت على جودة الخدمات المقدمة للمسافرين، ففي مطار ميامي بفلوريدا قام مدير جودة الخدمات بسحب عينة عشوائية لبطاقات المسافرين خلال أسبوع تتكون من ٧٢ مسافرا وسجل الوقت (بالثانية) الذي استغرقه المسافر لإتمام الإجراءات الأمنية قبل ركوبه الطائرة وتحصل على النتائج المسجلة على

الجدول (٣-٩) والمرتبة تصاعديا. من خلال هذه البيانات يود مدير الجودة عمل التوزيع التكراري لها.

35	339	650	864	1025	1261
38	340	655	883	1028	1280
48	395	669	883	1036	1290
53	457	703	890	1044	1312
70	478	730	934	1087	1341
99	501	763	951	1091	1355
138	521	788	969	1126	1357
164	556	789	985	1176	1360
220	583	789	993	1199	1414
265	595	802	997	1199	1436
272	596	822	999	1237	1479
312	604	851	1018	1242	1492

الجدول ٣-٩ الوقت المستغرق لإتمام الإجراءات الأمنية في المطار

نظرا لكثرة البيانات سوف نقوم باستعمال برنامج الأكسل لإجراء العمليات الحسابية الضرورية لعمل التوزيع التكراري بحيث نبدأ بفتح ورقة إكسل جديدة ونقوم بإدخال البيانات في خانات العمود (A) مع إدخال العبارات التوضيحية المناسبة لهذا المثال كما هو موضح على الشكل (٣-١٧). سوف نتبع الخطوات التي قمنا بعرضها في الفقرة (٥-٢) من هذا الفصل، بحيث نحدد أكبر قيمة (X_L) وأصغر قيمة (X_S) من جدول البيانات وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية والدالتين (Max) و(Min) من قائمة الدوال بالشكل التالي:

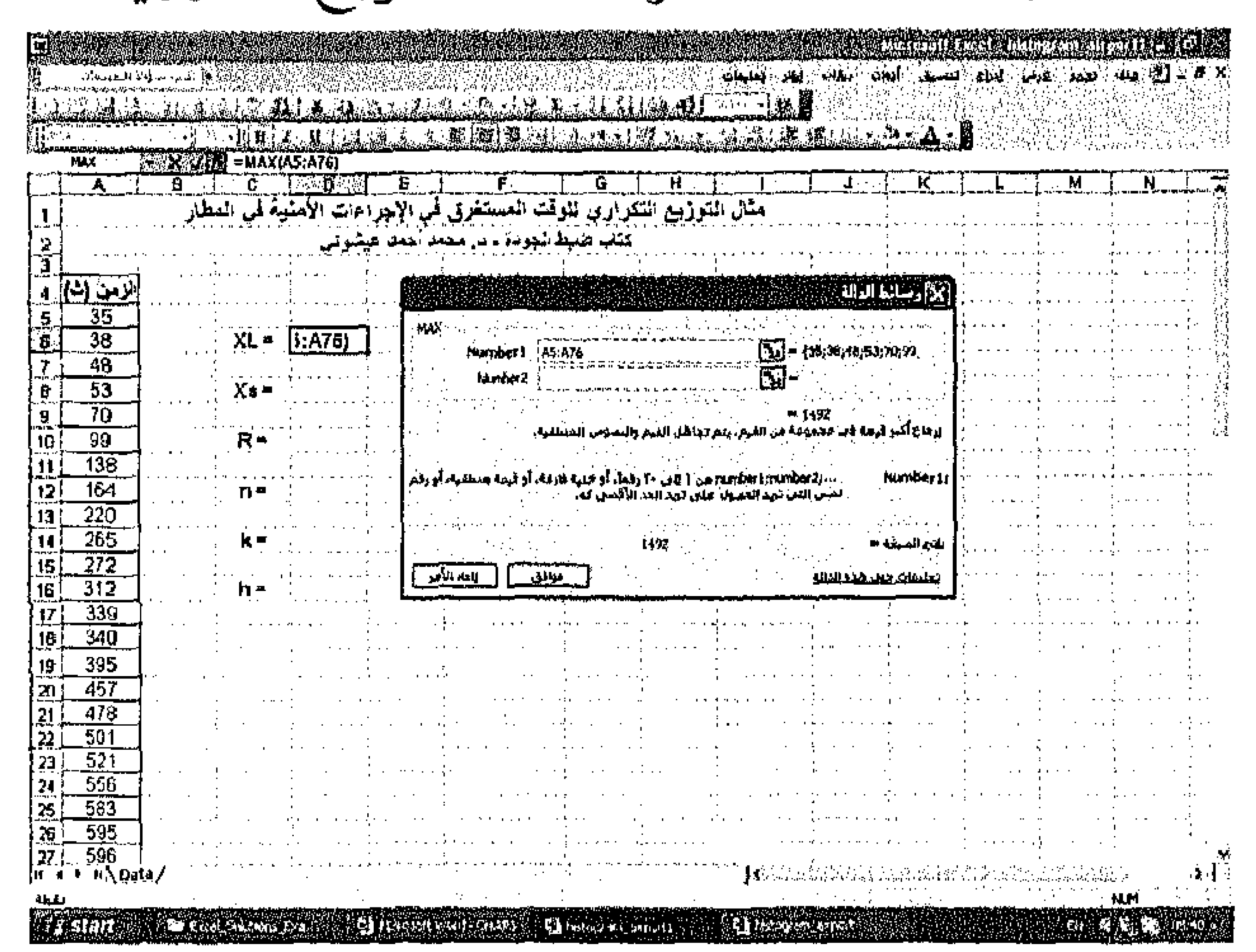
نحسب في الخانة (D6) : =Max(A5:A76)

وفي الخانة (D8) : =Min(A5:A76)

ومنه نحسب مدى البيانات ($R=X_L-X_S$) ونضع النتيجة في الخانة (D10) حسب الصيغة الحسابية (D6-D8=) وبما أن حجم العينة المدروسة هو (n=72) فإن عدد الفئات في المدرج التكراري يمكن أن تكون (k=7) حسب توصيات إيشيكاوا المبينة في الجدول (٣-٥). نقوم بعد ذلك بحساب فترة الفئات (h=R/k) حسب الصيغة الحسابية (D16=D10/D14) وتكون النتيجة المتحصل عليها هي (208.14). لاحظ عزيزي القارئ أنه من الأحسن تقريب هذه القيمة وأخذ قيمة (225) مثلا لحساب حدود الفئات والتي نحصل على قيمها المسجلة على الجدول (٣-١٠) .

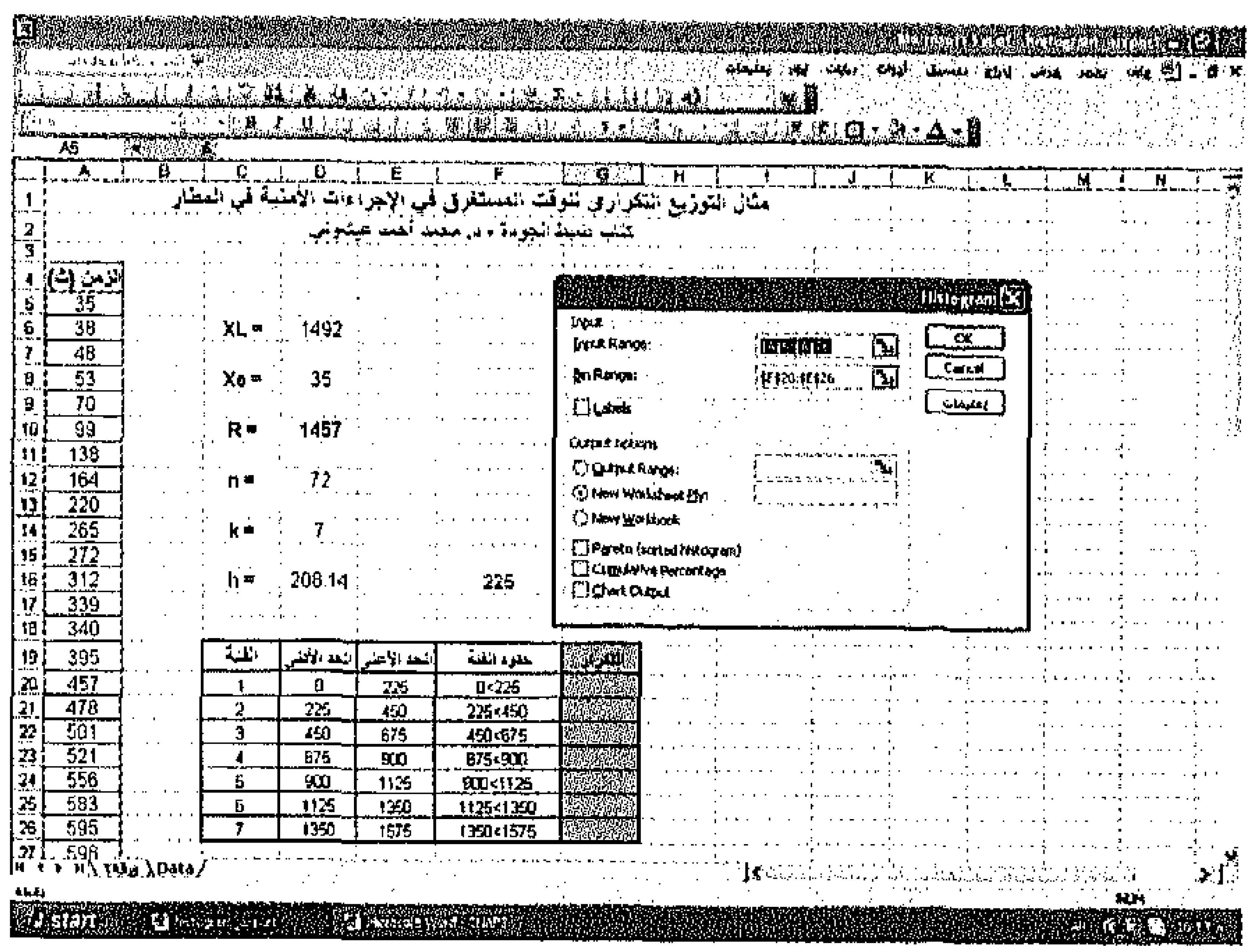
الفئة	من	إلى أصغر من
1	0	225
2	225	450
3	450	675
4	675	900
5	900	1125
6	1125	1350
7	1350	1575

الجدول ٣-١٠ حدود الفئات للتوزيع التكراري



الشكل ٣-١٧ إدخال البيانات وعملية تحديد القيمة الكبرى في البيانات (XL)

مـن خـلال شـريط القـوائم، نفـتح قائمـة "أدوات" ونختـار "Data Analysis" ثم "Histogram" ونحـصل علـى مربـع الحـوار المبـين علـى الـشكل (٣-١٨) أيـن نـدخل نطـاق البيانـات في مربـع الحـوار (Input Range) وحـدود الفئـات الكـبرى في المربع (Bin Range) .



الشكل ٣-١٨ مربع حوار Histogram لحساب التكرار في كل فئة

وبالضغط على موافق نحصل على نتائج التكرارات لكل فئة كما هو موضح على الجدول (٣-١١).

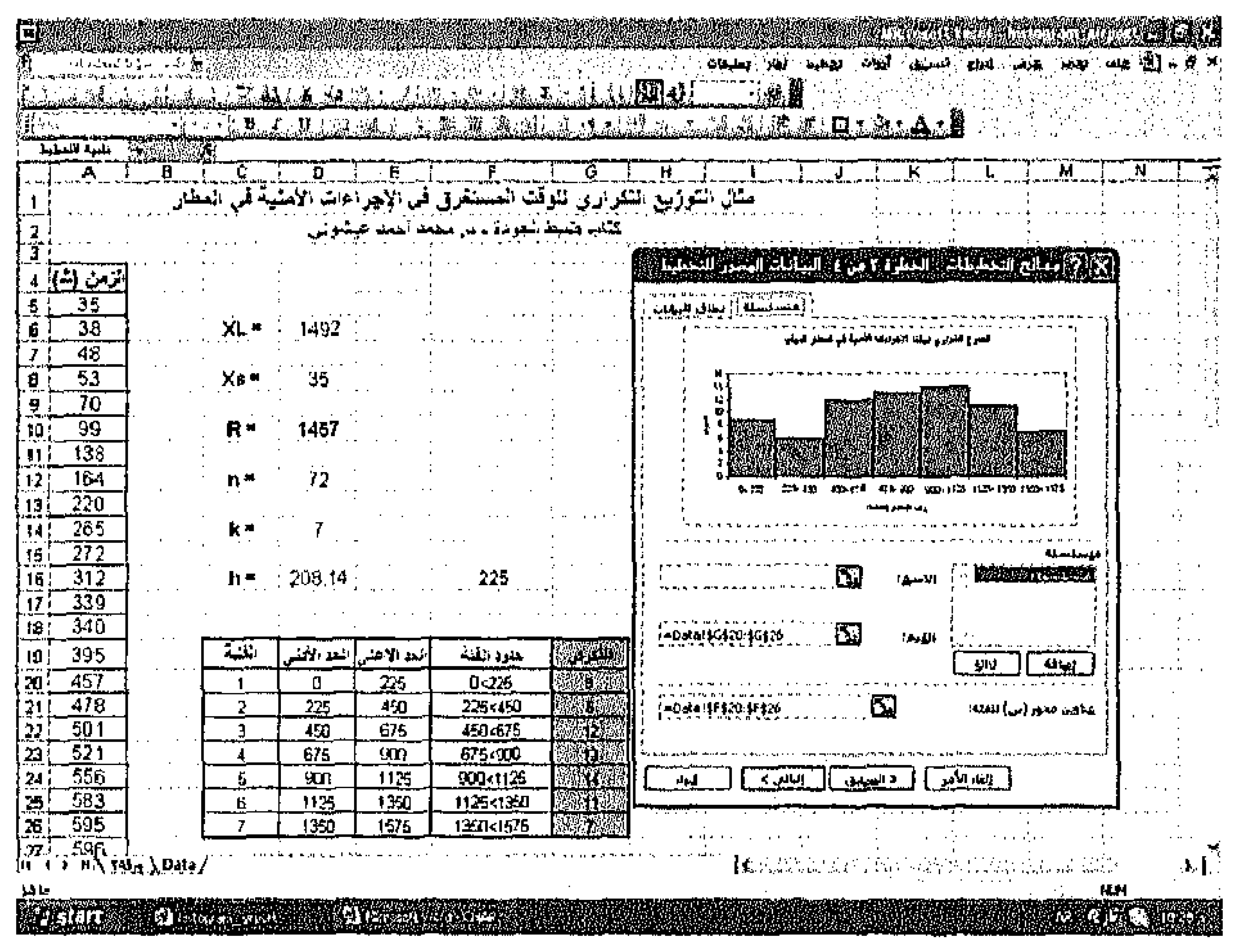
Bin	Frequency
0<225	9
225<450	6
450<675	12
675<900	13
900<1125	14
1125<1350	11
1350<1575	7
More	0

الجدول ٣-١١ نتائج حساب تكرار الفئات المتحصل عليها من الإكسل

يمكن إعادة كتابة هذه النتائج بطريقة أوضح على الجدول (٣-١٢) وباستعمال معالج التخطيطات يمكن لنا رسم التوزيع التكراري وهذا بإتباع الخطوات التي يطلبها منا كما هو موضح على الشكل (٣-١٩).

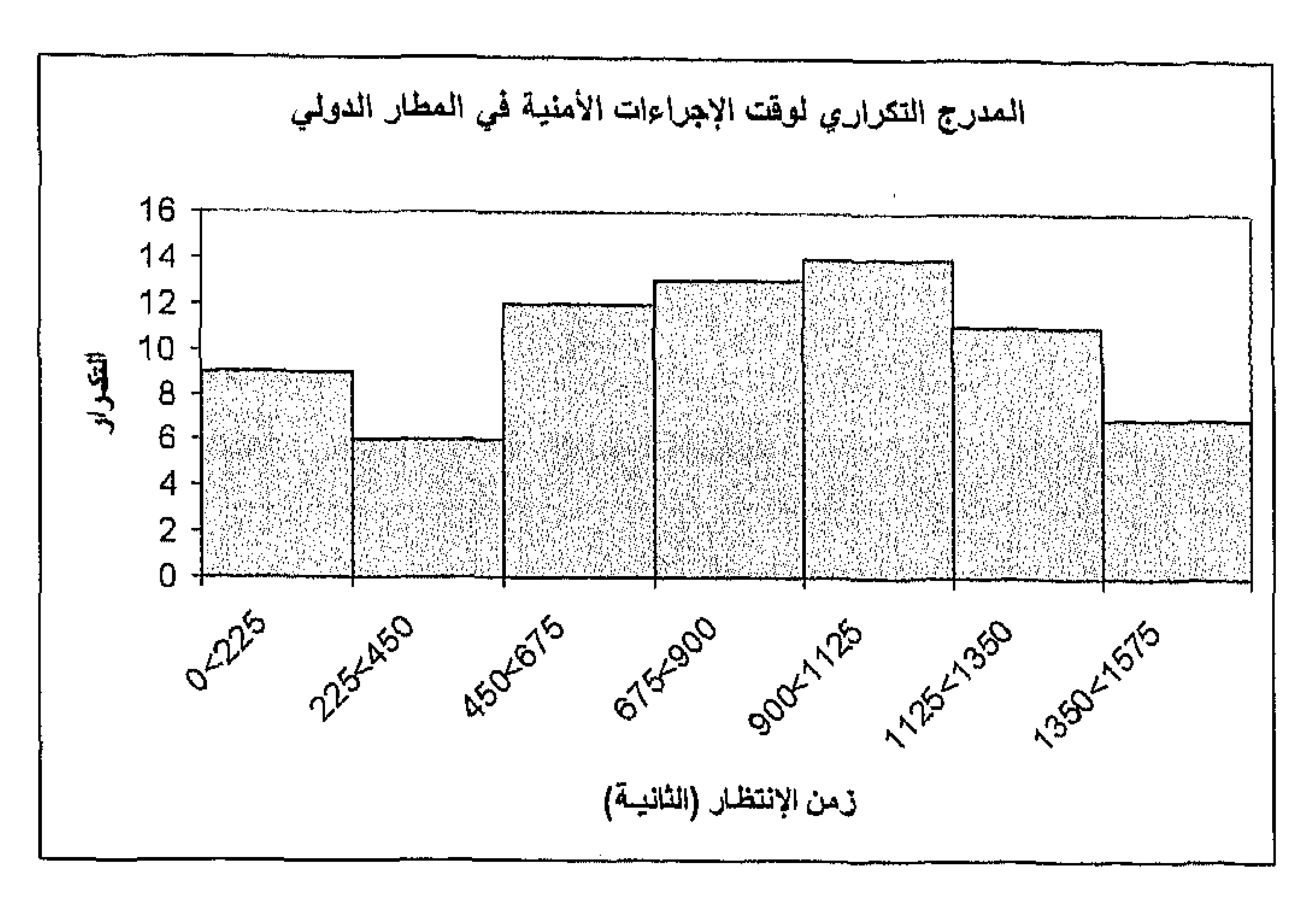
التكرار	حدود الفئة	الفئة
9	0<225	1
6	225<450	2
12	450<675	3
13	675<900	4
14	900<1125	5
11	1125<1350	6
7	1350<1575	7

الجدول ٣-١٢ التوزيع التكراري لمدة الإجراءات الأمنية في المطار



الشكل ٣-١٩ استعمال معالج التخطيطات لرسم المدرج التكراري

بعد الانتهاء من كل الخطوات نحصل على المدرج التكراري لعملية الإجراءات الأمنية في مطار ميامي الموضح على الشكل (٣-٢٠).



الشكل ٣-٢٠ التوزيع التكراري لزمن الإجراءات الأمنية في مطار ميامي الدولي

٢-٨ حساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت على برنامج الميكروسفت الأكسل

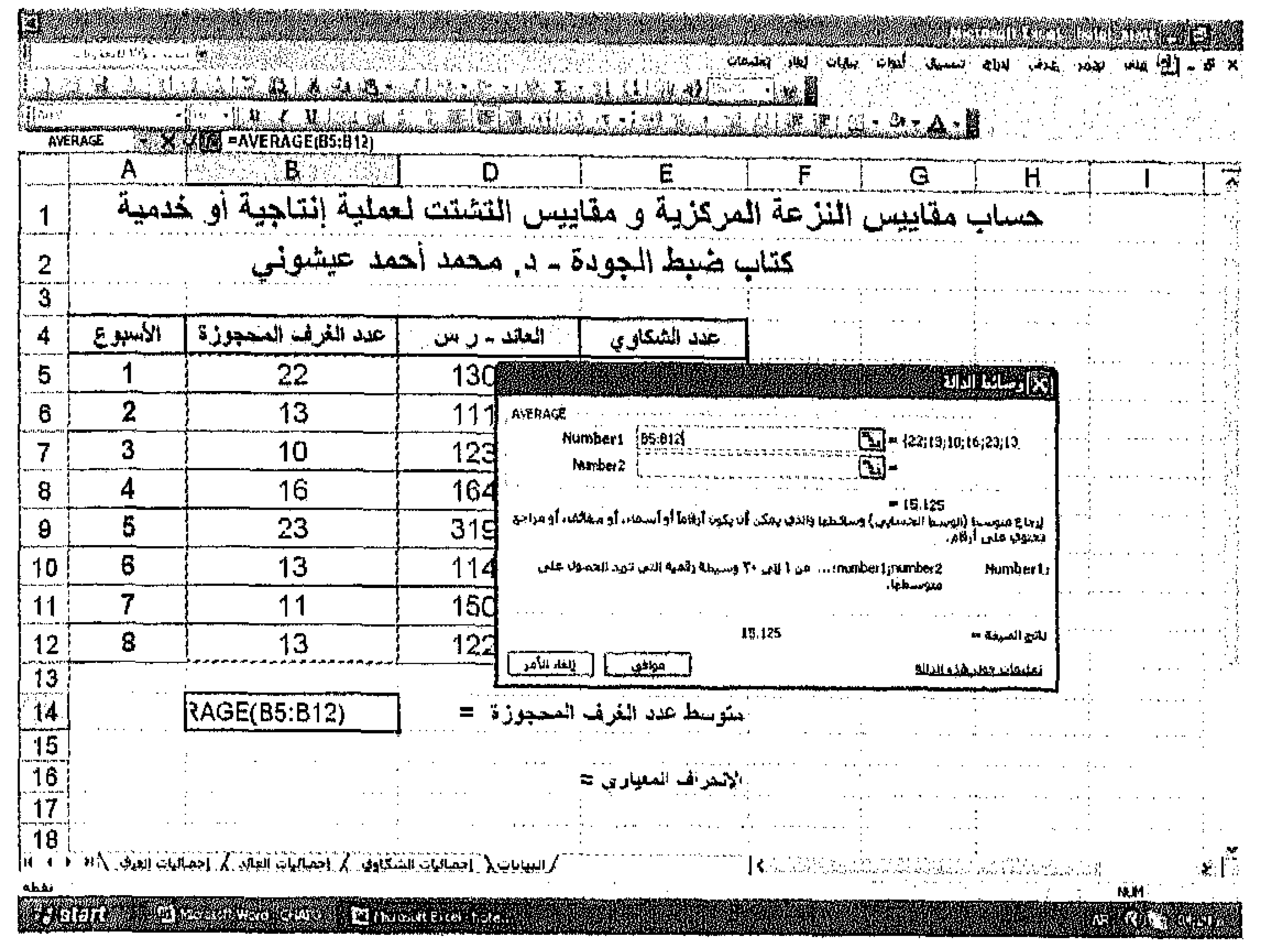
قام مدير أحد الفنادق السياحية بجمع بيانات حول عدد الغرف التي حجزت في عطلة نهاية الأسبوع خلال ثمانية أسابيع الأخيرة وسجل النتائج على الجدول (٣-١٣).

الأسبوع	عدد الغرف المحجوزة	العائد – ر س	عدد الشكاوي النزلاء
1	22	13090	0
2	13	11130	2
3	10	12320	1
4	16	16415	0
5	23	31941	2
6	13	11410	1
7	11	15092	0
8	13	12292	0

الجدول ٣-١٣ بيانات من خدمة الفندق السياحي

بعد أن رأينا كيفية عمل التوزيع التكراري باستعمال برنامج الأكسل (الفقرة٧-١)، سوف نوضح الآن طريقة استعمال البرنامج لحساب المعاملات الإحصائية التي قمنا بعرضها في الفقرات السابقة.

نقوم أولا بفتح ورقة إكسل جديدة، ثم ندخل بيانات العملية بحيث نسجل رقم الأسبوع في العمود (A) وعدد الغرف المحجوزة في العمود (B) والعائد في العمود (C) وعدد الشكاوي في العمود (D). ننصح هنا بإضافة عنوان للمثال وبعض التنسيقات التوضيحية كما هو موضح على الشكل (٣-٢٦) وهذا حتى يتسنى لنا الرجوع إليه بسهولة في المستقبل. لاحظ عزيزي القارئ أن لديك أكثر من طريقة لحساب المعاملات الإحصائية، فمثلا إذا أردنا حساب القيمة المتوسطة لعدد الغرف المحجوزة خلال الأسابيع الثمانية، فيمكن لنا أن نستعمل شريط الصيغ الحسابية (fx) بحيث نضغط بالفأرة على الخانة (B14) أين سنضع نتيجة المتوسط، ونكتب = ومن ثم نختار من مربع حوار "إدراج دالة" دالة (AVERAGE) التي تمثل المتوسط لمجموع البيانات التي سنقوم بتحديد مجالها المتمثل في (B5:B12) عن طريق الفأرة (الشكل (٣-٢١)). وبنفس الطريقة يمكن لنا حساب بقية مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت كالانحراف المعياري أو المدى.



الشكل ٣-٢١ إدخال بيانات الفندق وحساب القيمة المتوسطة

لبرنامج الإكسل إمكانيات جيدة في عملية التحليل الإحصائي والتي تسمح للمهتم بعلم الجودة بإجراء عمليات حسابية لجميع المعاملات والمقاييس التي تم التطرق إليها سابقا بطريقة سهلة وسريعة. فمن شريط الأدوات نضغط على قائمة "أدوات" (Tools) ونختار " Data Analysis" (الشكل ٣-٢٢) بعدها نختار "Descriptive Statistics" فيظهر مربع الحوار المبين على الشكل (٣-٢٣) أين نقوم بتحديد مجال البيانات الخاصة بعدد الغرف والمتواجدة في الخلايا (B4:B12) وإختيار (Summary Statistics) ثم موافق ونحصل على النتائج المبينة على الجدول (٣-١٤) في الورقة "إحصائيات الغرف" .

	A	B	D	E
1	زية و مقاييس التشتت لعملية إنتاجية أو خدمية			
2	بط الجودة - د. محمد أحمد عيشوني			
3				
4	الأسبوع	عدد الغرف المحجوزة	العائد - ر س	د الشكاوي
5	1	22	13090	0
6	2	13	11130	2
7	3	10	12320	1
8	4	16	16415	0
9	5	23	31941	2
10	6	13	11410	1
11	7	11	15092	0
12	8	13	12292	0
13				
14		15.125	= متوسط عدد الغرف المحجوزة	
15				
16		4.883	= الانحراف المعياري	

Data Analysis...

الشكل ٣-٢٢ الخطوات الأساسية لحساب المقاييس الإحصائية على الإكسل

	A	B	D	E
1	حساب مقاييس النزعة المركزية و مقاييس التشتت لعملية إنتاجية أو خدمية			
2	كتاب ضبط الجودة - د. محمد أحمد عيشوني			
3				
4	الأسبوع	عدد الغرف المحجوزة	العائد - ر س	عدد الشكاوي
5	1	22	13090	
6	2	13	11130	
7	3	10	12320	
8	4	16	16415	
9	5	23	31941	
10	6	13	11410	
11	7	11	15092	
12	8	13	12292	
13				
14		15.125	= المحجوزة	
15				
16		4.883		

Descriptive Statistics

Input
Input Range: $B$4:$B$12
Grouped By: Columns / Rows
Labels in First Row
Output options
Output Range:
New Worksheet Ply: إحصائيات الغرف
New Workbook
Summary statistics
Confidence Level for Mean: %
Kth Largest:
Kth Smallest:
OK
Cancel

الشكل ٣-٢٣ تحديد البيانات لحساب المقاييس الإحصائية على الإكسل

عدد الغرف المحجوزة	
Mean	15.125
Standard Error	1.726
Median	13
Mode	13
Standard Deviation	4.883
Sample Variance	23.839
Kurtosis	-0.604
Skewness	0.950
Range	13
Minimum	10
Maximum	23
Sum	121
Count	8

الجدول ٣-١٤ المعاملات الإحصائية لعدد الغرف المحجوزة في الفندق

يمكن لنا إعادة نفس الخطوات لحساب القيم الإحصائية للعائد وعدد شكاوي النزلاء ونحصل على النتائج المسجلة في الجدول (٣-١٥).

المعاملات الإحصائية		عدد الغرف المحجوزة	العائد (ر س)	الشكاوي
المتوسط	Mean	15.125	15461.25	0.75
الانحراف المعياري	Standard Error	1.726	2439.756	0.313
الوسيط	Median	13	12705	0.5
المنوال	Mode	13	-----	0
التباين	Sample Variance	23.839	47619274.5	0.786
معامل التفرطح	Kurtosis Factor	-0.604	6.381	-1.481
معامل الالتواء	Skewness Factor	0.950	2.465	0.615
المدى	Range	13	20811	2
أصغر قيمة	Minimum	10	11130	0
أكبر قيمة	Maximum	23	31941	2
مجموع القيم	Sum	121	123690	6
عدد القيم	Count	8	8	8

الجدول ٣-١٥ المعاملات الإحصائية لكامل العملية الخدمية في الفندق

٩ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت بإستخدام برنامج المينيتاب

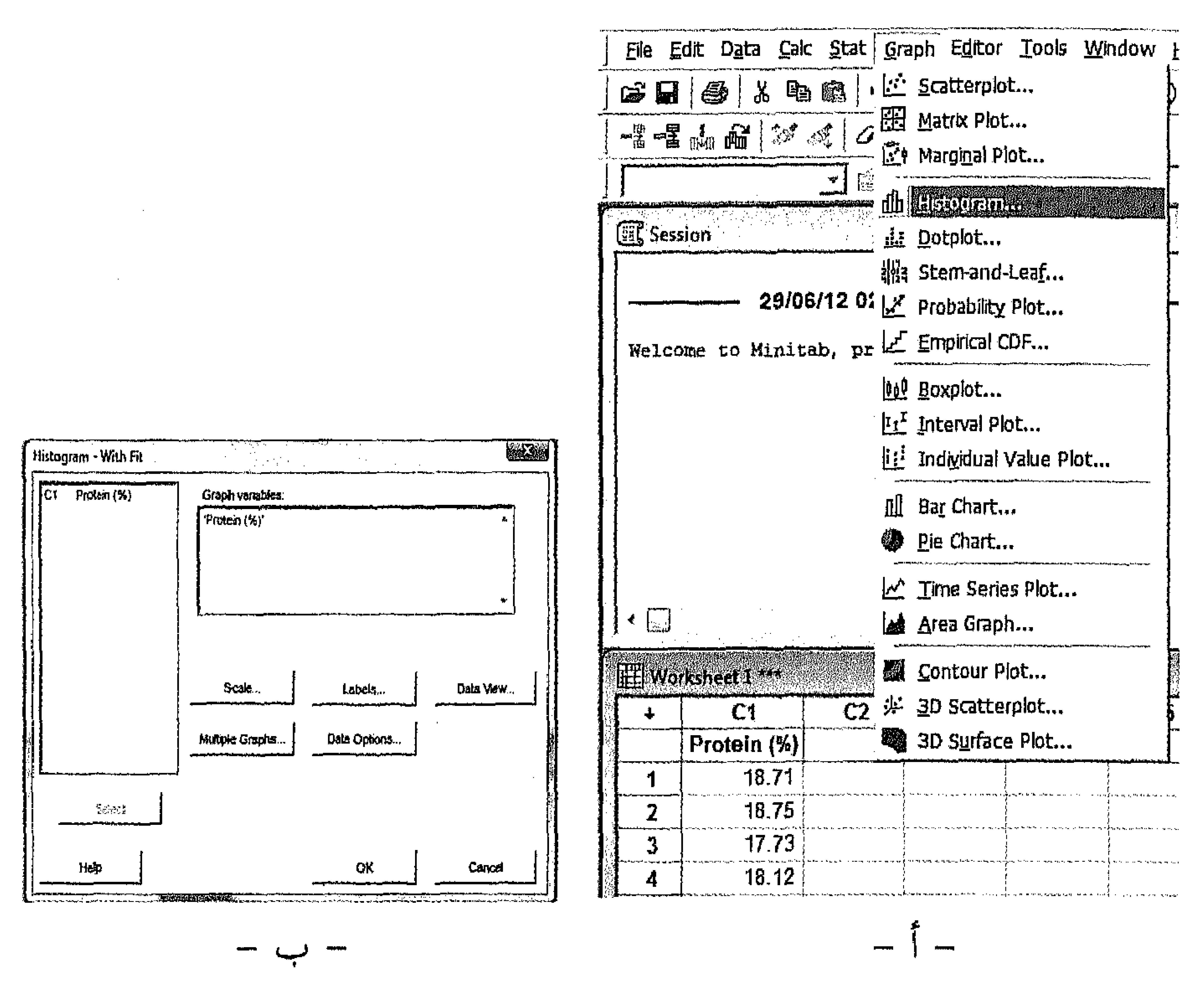
قصد توضيح أهمية تقنية التوزيع التكراري وإمكانية استعمالها في مجالات مختلفة غير مجالات التشغيل الإنتاجي قمنا باختيار المثال التالي من تجارب مخبرية عن محتويات غذاء حيواني من البروتينات حيث تم أخذ عينة تحتوي على ٢٨ كيس من

الغذاء الحيواني المنتج وأجريت عليها فحوصات تسمح بتسجيل النسبة المئوية للبروتينات في كل عينة ورصدت نتائج الفحوصات على الجدول (٣-١٦). سوف نقوم بحل المثال عبر استعمال برنامج المينيتاب الذي يوفر إمكانات هائلة في مجال التحليل الإحصائي لبيانات العمليات.

17.47	17.95	18.91	18.87	18.35	18.44	18.71
18.6	18.8	18.84	19.41	18.82	18.19	18.75
19.01	18.28	18.6	19.46	18.08	18.24	17.73
18.40	19.26	18.64	19.46	19.23	18.53	18.12

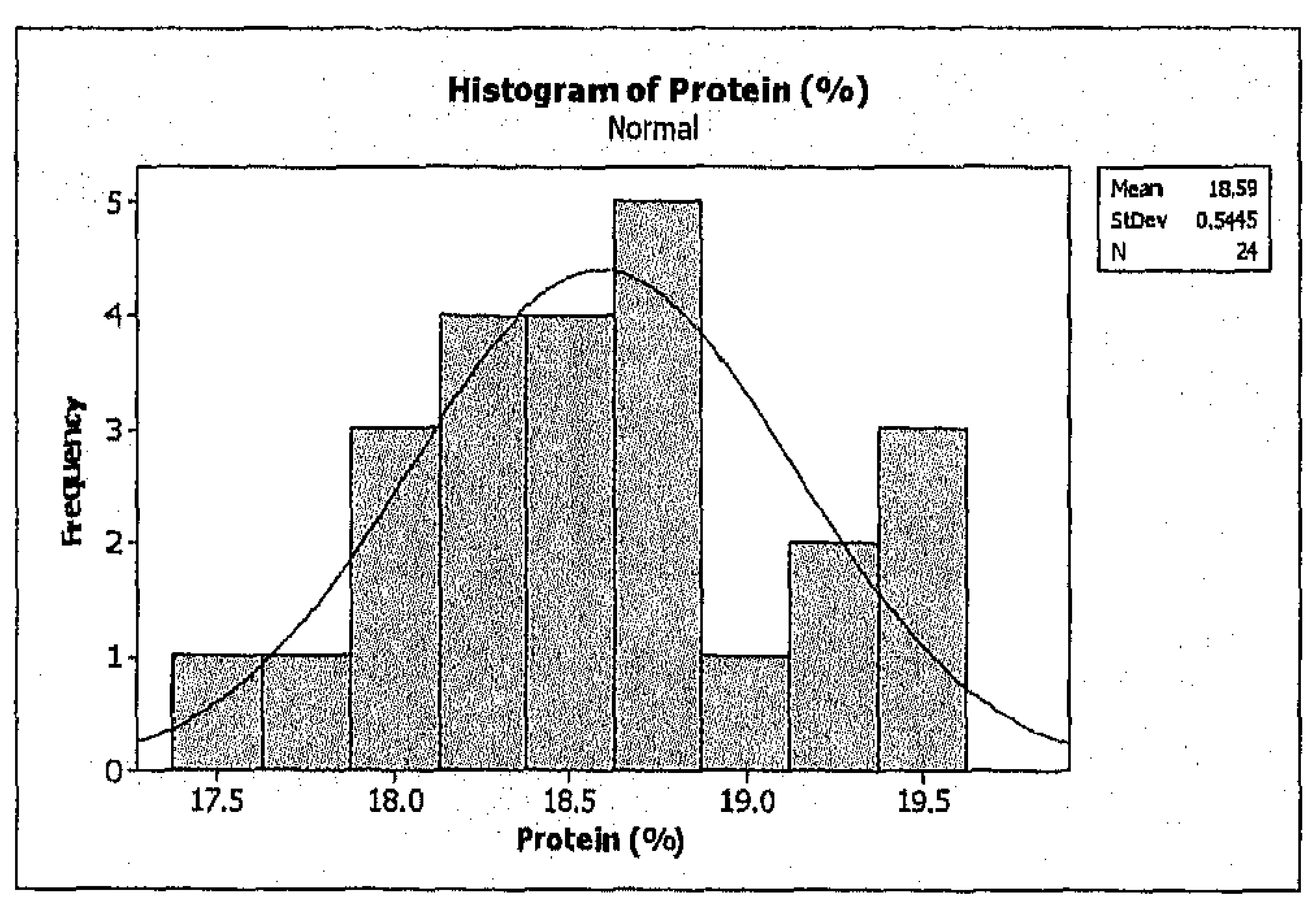
الجدول ٣- ١٦ النسبة المئوية من البروتينات في عينات من غذاء حيواني

لعمل التوزيع التكراري على برنامج المينيتاب نقوم بإدخال البيانات في عمود واحد (C1) ومن قائمة (Graph) نقوم بإختيار (Histogram) (الشكل ٣-٢٤-أ) ونحصل على نافذة حوار (Histogram) أين نختار (With Fit) وفي نافذة الحوار التالية نختار في (Graph Variables) البيانات الموجودة في (C1) وهذا بتحديدها ثم الضغط على خيار (Select) (الشكل ٣-٢٤-ب) ثم (OK) لنحصل على المدرج التكراري المبين على الشكل (٣-٢٥).



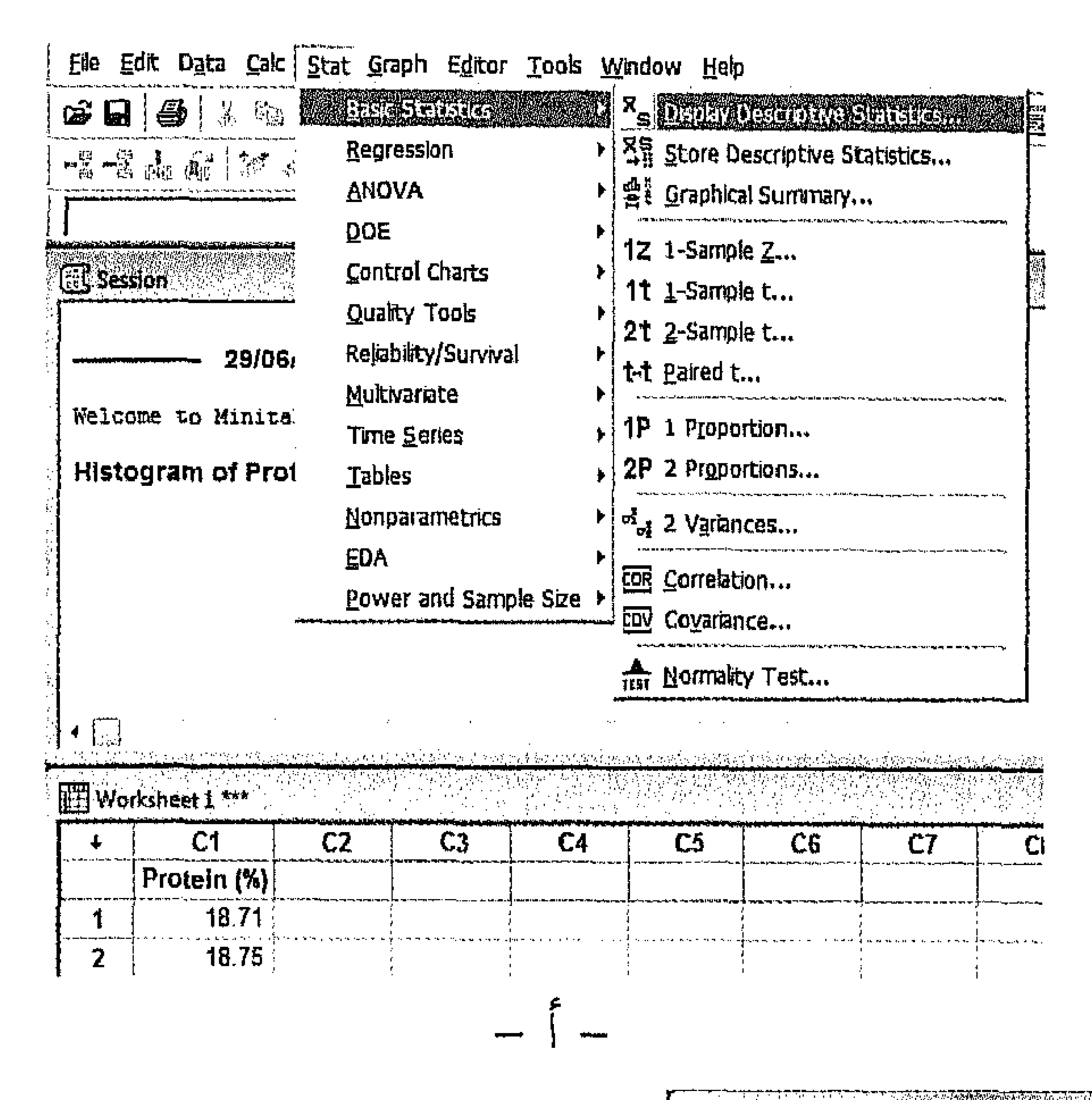
– ب –　　　　– أ –

الشكل ٣-٢٤ خطوات عمل التوزيع التكراري على برنامج المينيتاب

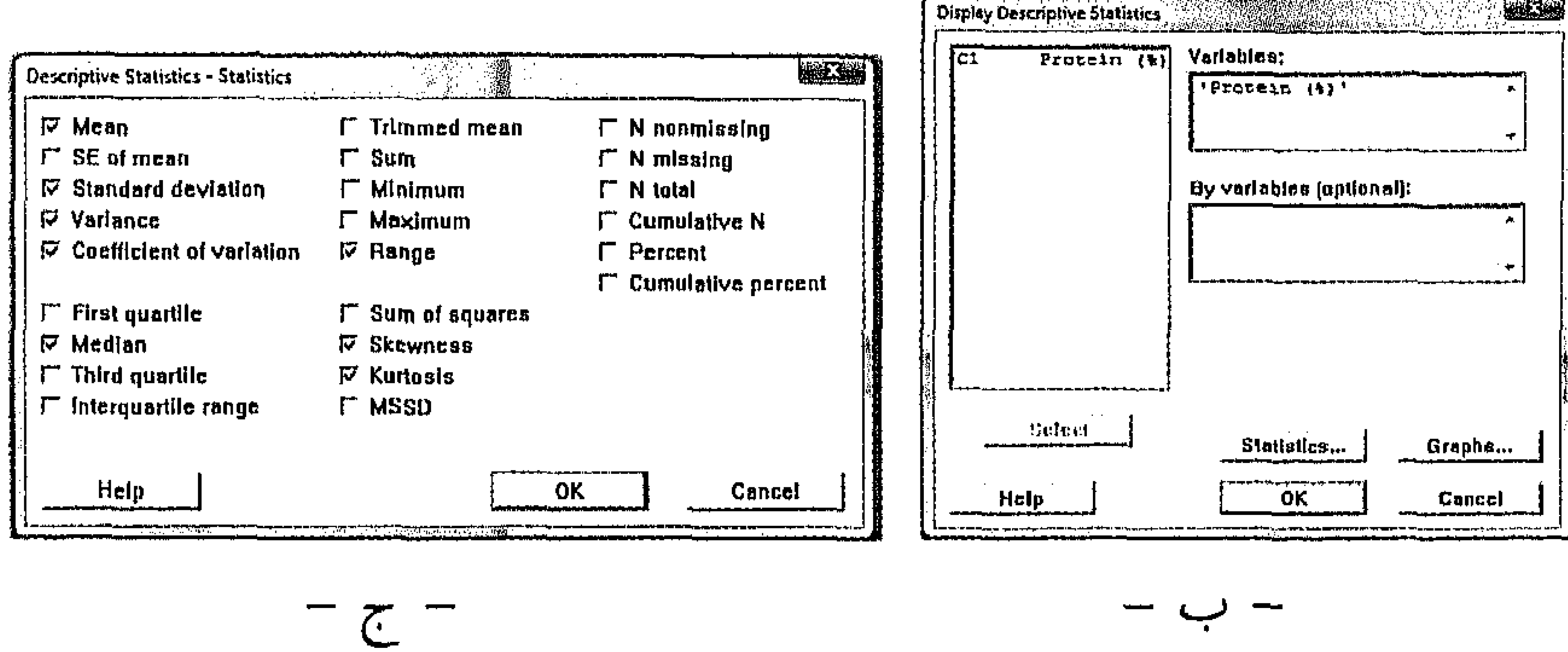


الشكل ٣-٢٥ التوزيع التكراري لبيانات البروتينات (%) في الغذاء الحيواني

يسمح برنامج المينيتاب بإجراء الحسابات لمقاييس النزعة المركزية والتشتت بكل سهولة ويسر وهذا من خلال قائمة (Stat) حيث نختار (Basic Statistics) ومن ثم (Display Descriptive Statistics ...) (الشكل ٣-٢٦-أ).



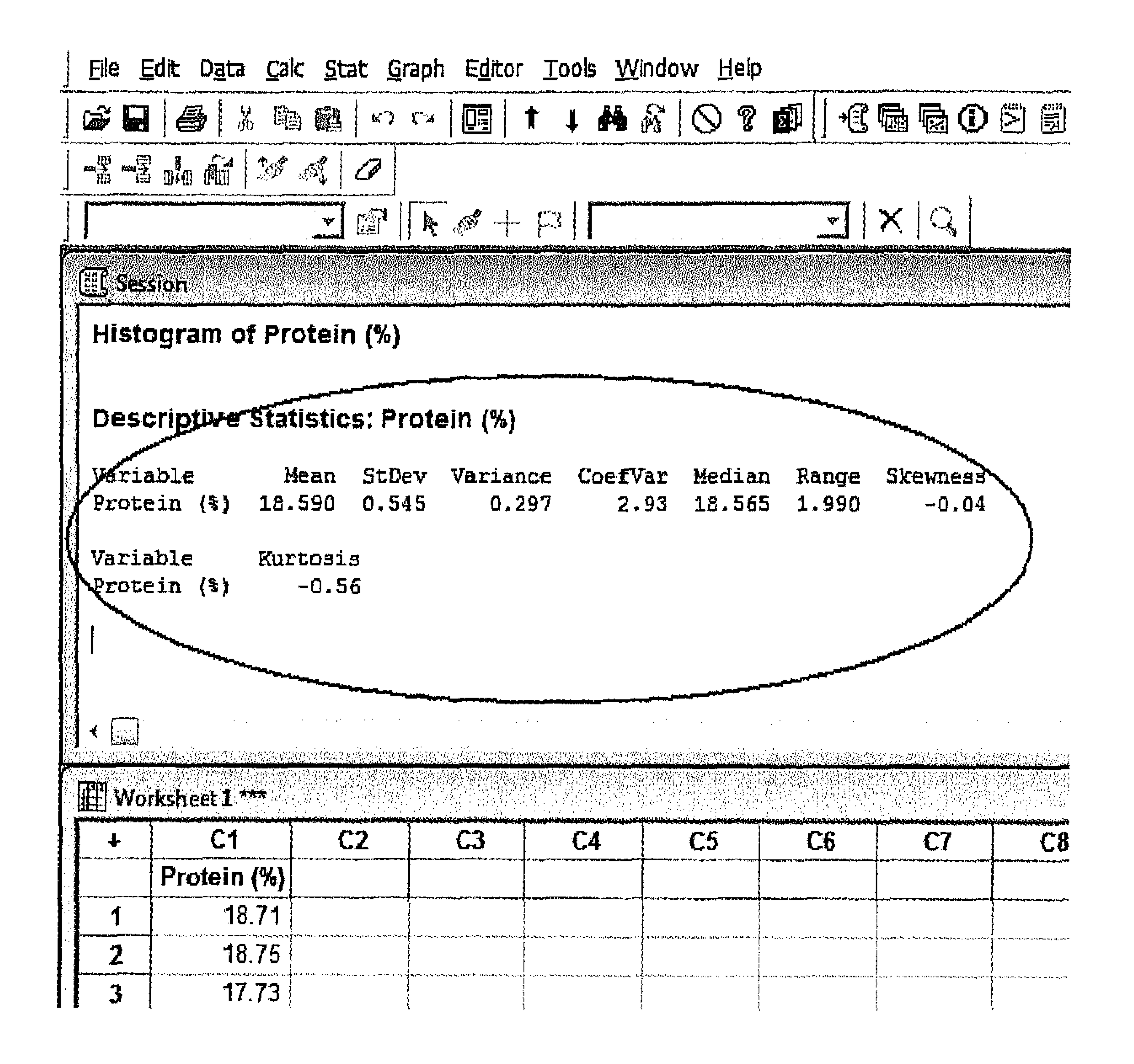
– أ –



– ج –　　　　– ب –

الشكل ٣-٢٦ الخطوات العملية لحساب مقاييس النزعة المركزية والتشتت على برنامج المينيتاب

وفي مربع الحوار (... Display Descriptive Statistics) نختار في (Variables) البيانات الموجودة في (C1)، كما يمكن إختيار مجموع المقاييس والمعاملات الإحصائية التي نود حسابها وهذا من خلال الضغط على مربع (Statistics) (الأشكال ٣-٢٦-ب-جـ). نحصل بعد ذلك على النتائج الموضحة على الشكل (٣-٢٧).



الشكل ٣-٢٧ نتيجة حساب مقاييس النزعة المركزية والتشتت لبيانات الغذاء الحيواني

١٠ مفاهيم العينة والمجتمع والتوزيع الطبيعي وتطبيقاتها في مجال الجودة

١٠-١ مفهوم العينة والمجتمع

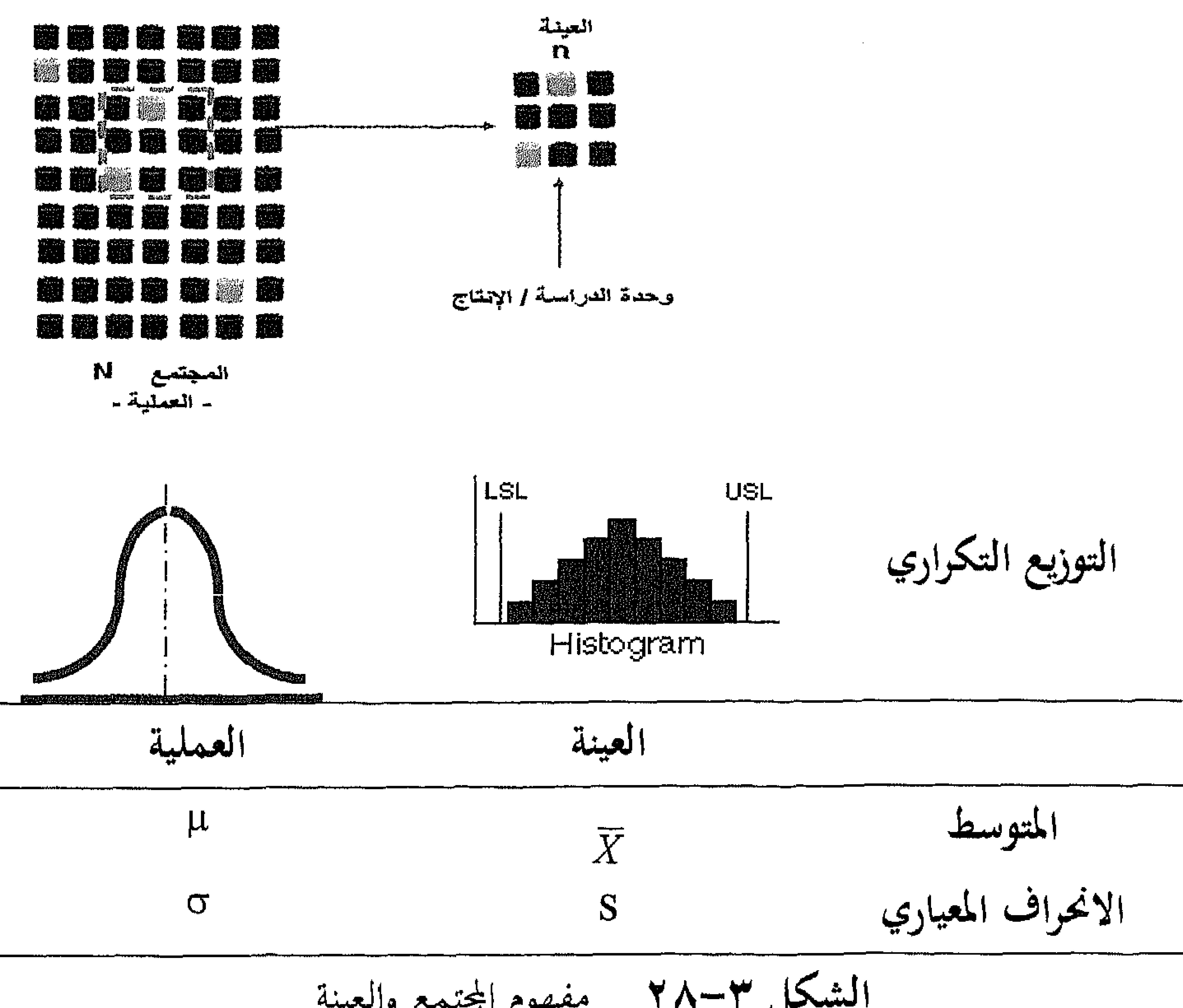
من خلال ما تم عرضه فيما سبق يمكن أن تلاحظ عزيزي القارئ أنه من أجل دراسة جودة أي عملية إنتاجية أو خدمية من الضروري سحب عينة (Sample) من مجتمع العملية (Population) الذي يمثل مجموع الوحدات المنتجة أو الخدمات المقدمة خلال فترة الدراسة. قد يتساءل أحدنا لماذا لا نفحص جميع وحدات مجتمع العملية وتكون بذلك النتائج دقيقة؟ الإجابة على هذا التساؤل تكمن في كون أن عملية الفحص تستغرق وقتا طويلا وهي في أغلب الأحيان عملية مكلفة ماديا إضافة إلى أنها قد تكون ذات طابع إتلافي (Destructive testing) أي أن الوحدات المفحوصة تتلف وتصبح غير صالحة للاستعمال بعد عملية الفحص، مثل عملية تحديد الخواص الميكانيكية للمعادن.

لقد أثبتت التجربة العملية أنه بالإمكان تحديد خصائص العينة المتمثلة في توزيعها (مدرجها) التكراري، قيمتها المتوسطة ($\overline{X}$) والانحراف المعياري للعينة (S) ومن ثم تطبيقها على كامل العملية ومنه يمكن استقراء خصائصها المتمثلة في منحنى التوزيع التكراري، المتوسط (μ) والانحراف المعياري(σ)، وحتى تكون النتائج دقيقة فيجب أن تكون العينة المسحوبة من العملية بها عددا كافيا من الوحدات أو الملاحظات وقد اختيرت بطريقة عشوائية تسمح للعينة بأن تكون ممثلة للمجتمع المدروس (الشكل ٣-٢٨) (Besterfield, 1998, Groebner et al. 2005).

من خلال هذه العملية يمكن وبدقة استنتاج ما يلي :

- القيمة المتوسطة للعملية (μ) = القيمة المتوسطة للعينة ($\overline{X}$)
- الانحراف المعياري للعملية (σ) = الانحراف المعياري للعينة (s).

بيانيا يمثل المدرج التكراري التغيرات والاختلافات الحاصلة في العينة، ومن خلاله يمكن استنتاج منحنى توزيع العملية المعرف بالخصائص (σ ,μ).



	العينة	العملية
المتوسط	$\bar{X}$	μ
الانحراف المعياري	S	σ

الشكل ٣-٢٨ مفهوم المجتمع والعينة

١٠-٢ خصائص منحنى التوزيع الطبيعي

يمكن وصف العديد من خصائص العمليات الإنتاجية والخدمية بمنحنى التوزيع الطبيعي (Normal Distribution curve) المبين على الشكل (٣- ٢٩)، يسمى هذا التوزيع بالمنحنى الجرسي أو الجوسي (Gaussian Curve) على إسم العالم الرياضي الألماني (Gauss) الذي قام بتحديد خصائصه عن طريق التجارب ويستعمل التوزيع الطبيعي بشكل عملي مفيد في مجال ضبط الجودة لتحديد نسبة الإنتاج

المعيب خلال عمليات التصنيع وحساب إحتمالية الوقوع في الأخطاء والعيوب التي تؤثر سلبا على مقدرة العمليات على تحقيق مواصفات الجودة حسب رغبات ومتطلبات العميل (Besterfield, 1998, Groebner et al. 2005).

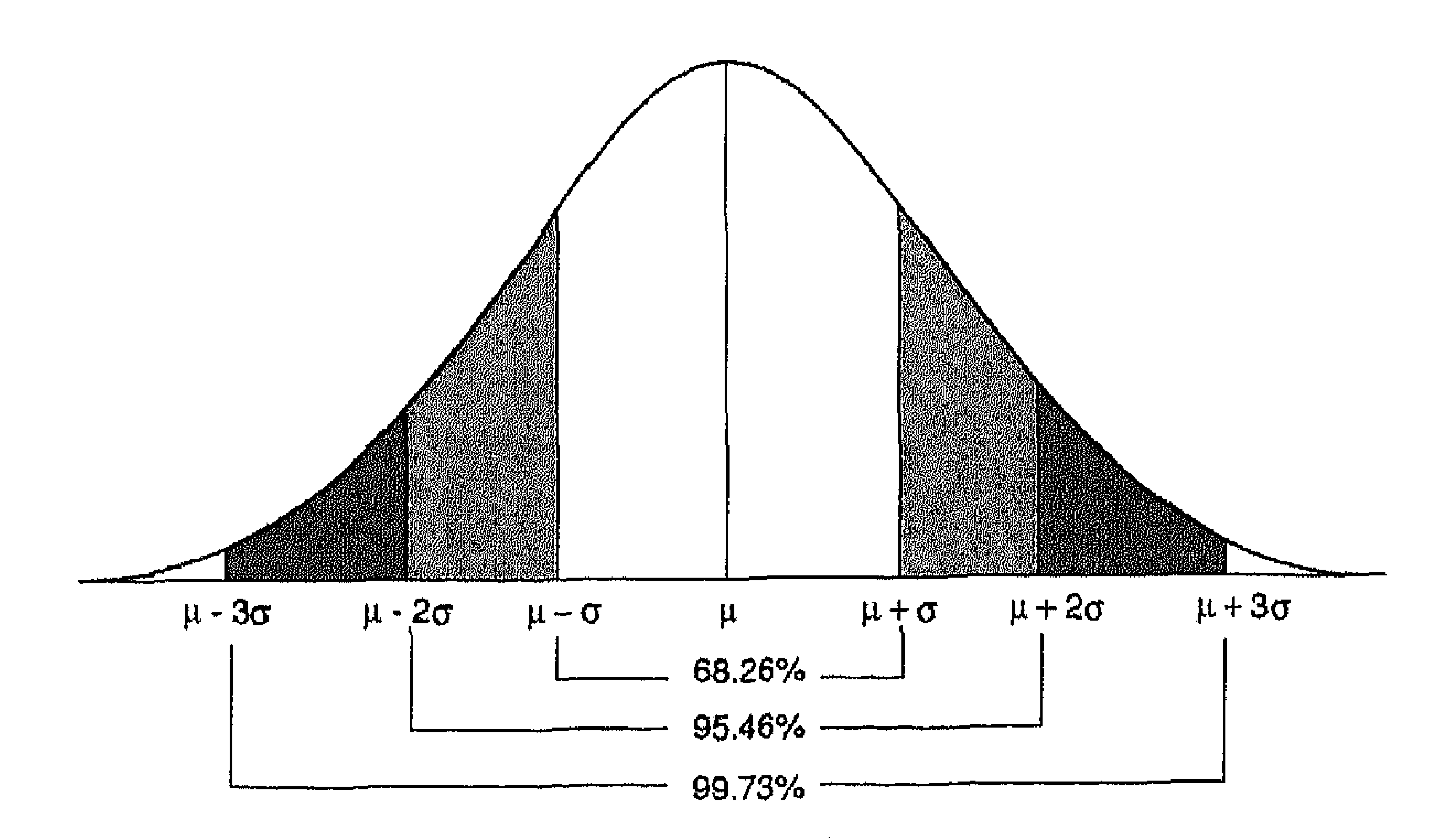
من خصائص منحنى التوزيع الطبيعي نذكر ما يلي:

- المنحنى متناظر بالنسبة للقيمة المتوسطة للعملية μ .
- تقع قمة المنحنى عند المتوسط μ.
- يعتمد التوزيع الطبيعي على معلمتين وهما المتوسط μ والتباين $V = \sigma^2$.
- يعتمد مركز التوزيع على قيمة المتوسط μ في حين يعتمد شكله على قيمة الانحراف المعياري σ، بحيث يزيد تشتت التوزيع كلما كبرت قيمة الإنحراف المعياري.
- يمثل المنحنى نسبة 100 % من خصائص العملية بمعنى أن المساحة الواقعة تحت المنحنى تساوي 1.00، ومن خلال هذا يمكن تحديد نسبة خصائص العملية الواقعة في حدود معينة كما يلي (الشكل (٣-٢٩)):

  أ- 68.26 % من خصائص العملية تقع في المجال $\mu \pm \sigma$.

  ب- 95.46% من خصائص العملية تقع في المجال $\mu \pm 2\sigma$.

  ت- 99.73% من خصائص العملية تقع في المجال $\mu \pm 3\sigma$.



الشكل ٣ – ٢٩ منحنى التوزيع الطبيعي مبين عليه النسب المئوية للمنتج داخل حدود معينة محسوبة بدلالة الانحراف المعياري (σ)

١٠-٣ استعمال منحنى التوزيع الطبيعي في مجال الجودة

من خلال التجربة العملية تأكد أن منحنى التوزيع الطبيعي يصف التغيرات في العديد من العمليات الإنتاجية مثل الخصائص الهندسية للمنتجات (الأبعاد الميكانيكية، الأوزان، وعمر المنتجات إلى غير ذلك) وخصائص العمليات الخدمية (زمن أداء مهمة، عدد الفواتير المنجزة إلخ..). الدالة الرياضية التي تمثل هذا المنحنى هي دالة أسية (Exponential function) تكتب على النحو التالي:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

حيث لدينا:

f(x) : دالة توزيع كثافة الاحتمال (Probability density function)

x : قيمة المتغير الذي يقع في المجال ($-\infty$) إلى ($+\infty$).

$\pi = 3.145$ و μ : تمثل متوسط العملية σ : الانحراف المعياري للعملية

يمكن وضع القيمة ($\frac{x-\mu}{\sigma}$) والتي تمثل العلاقة بين المتغير (X) والمتوسط (μ) والانحراف المعياري (σ) كمعامل طبيعي معياري (Z) (Standardized Normal Value) بحيث:

$$Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$$

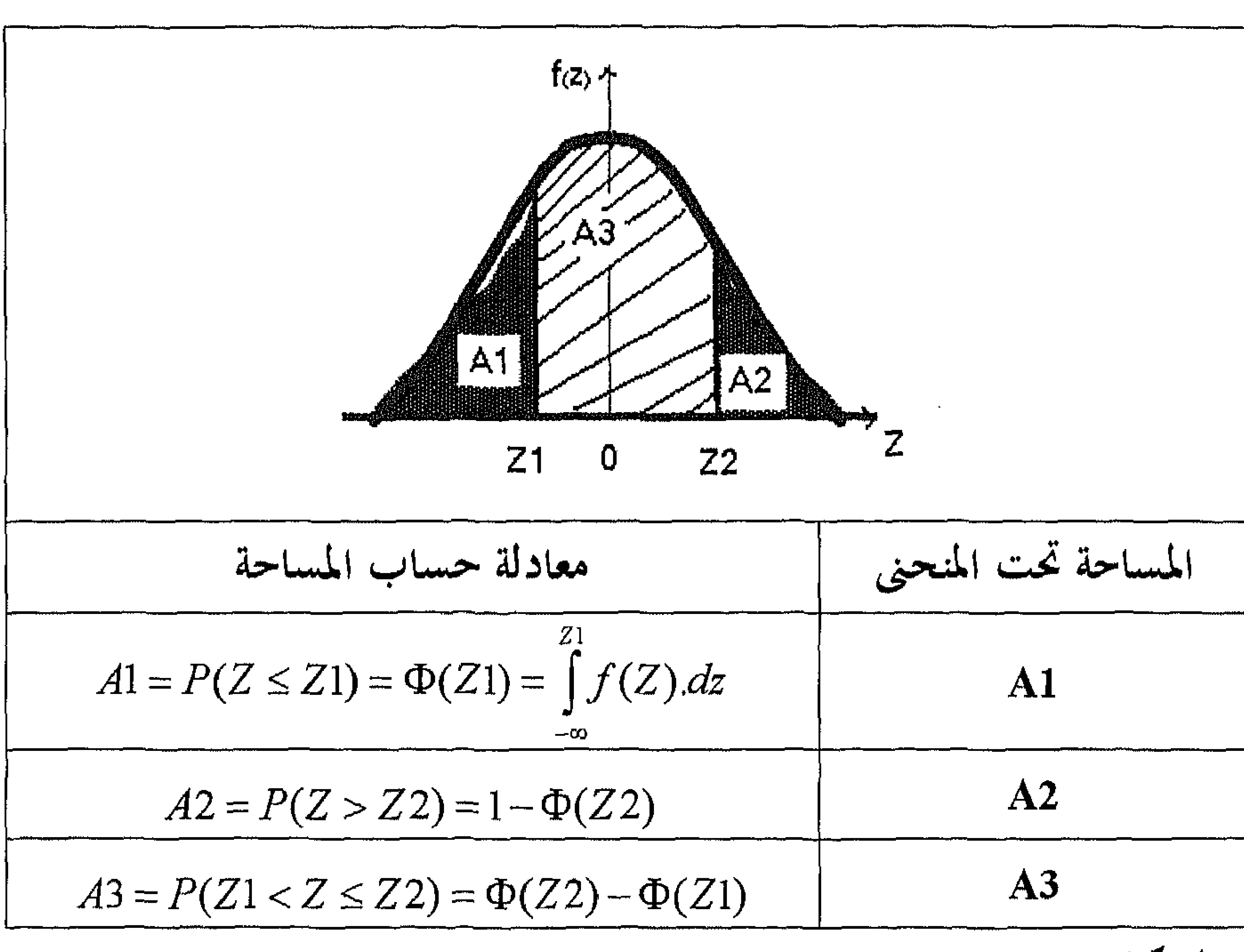
وتصبح معادلة منحنى التوزيع الطبيعي مبسطة على النحو التالي:

$$y = f(Z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2}$$

وتسمى هذه المعادلة بمعادلة التوزيع الطبيعي المعياري الذي يكون له متوسط (μ=0) وانحرافه المعياري (σ=1). يمكن أن نلاحظ من هنا أن قيمة المعامل الطبيعي المعياري

(Z) قد تمثل مثلا القيم ١، ٢ و٣ التي تحدد المساحة التي تنضوي تحت منحنى التوزيع ومحصورة بين الحدود ($\mu \pm Z\sigma$) حسب ما تم توضيحه على الشكل (٣-٢٩).

في الواقع العملي لا تستعمل معادلة التوزيع الطبيعي لحساب نسبة المنتج داخل حدود معينة بدلالة قيمة (Z) وإنما توجد هناك جداول معيارية تسمح بحساب ذلك كما هو موضح على الشكل (٣-٢٧). فبالإمكان حساب نسبة المشاهدات من العملية التي تقع في مجال معين وهذا بحساب قيمة المعامل (Z) ومن ثم تحديد المساحة الواقعة تحت المنحنى وبين قيم (Z) من خلال الجدول الملحق وكما سنرى مع بعض فإن لهذه الطريقة تطبيقات مهمة في مجال ضبط الجودة ومراقبة العمليات كحساب احتمالات إنتاج منتج (أو حدوث خصائص المنتج) في حدود مواصفات معينة أو تقديم خدمة بنكية معينة في زمن قياسي معين.



المساحة تحت المنحنى	معادلة حساب المساحة
A1	$A1 = P(Z \leq Z1) = \Phi(Z1) = \int_{-\infty}^{Z1} f(Z).dz$
A2	$A2 = P(Z > Z2) = 1 - \Phi(Z2)$
A3	$A3 = P(Z1 < Z \leq Z2) = \Phi(Z2) - \Phi(Z1)$

الشكل ٣- ٣٠ حساب احتمال حدوث وحدات من المنتج في حدود معينة عن طريق التوزيع الطبيعي

١١ أمثلة تطبيقية عن إستعمالات خصائص التوزيع الطبيعي بإستخدام برامج الميكروسفت إكسل والمينيتاب

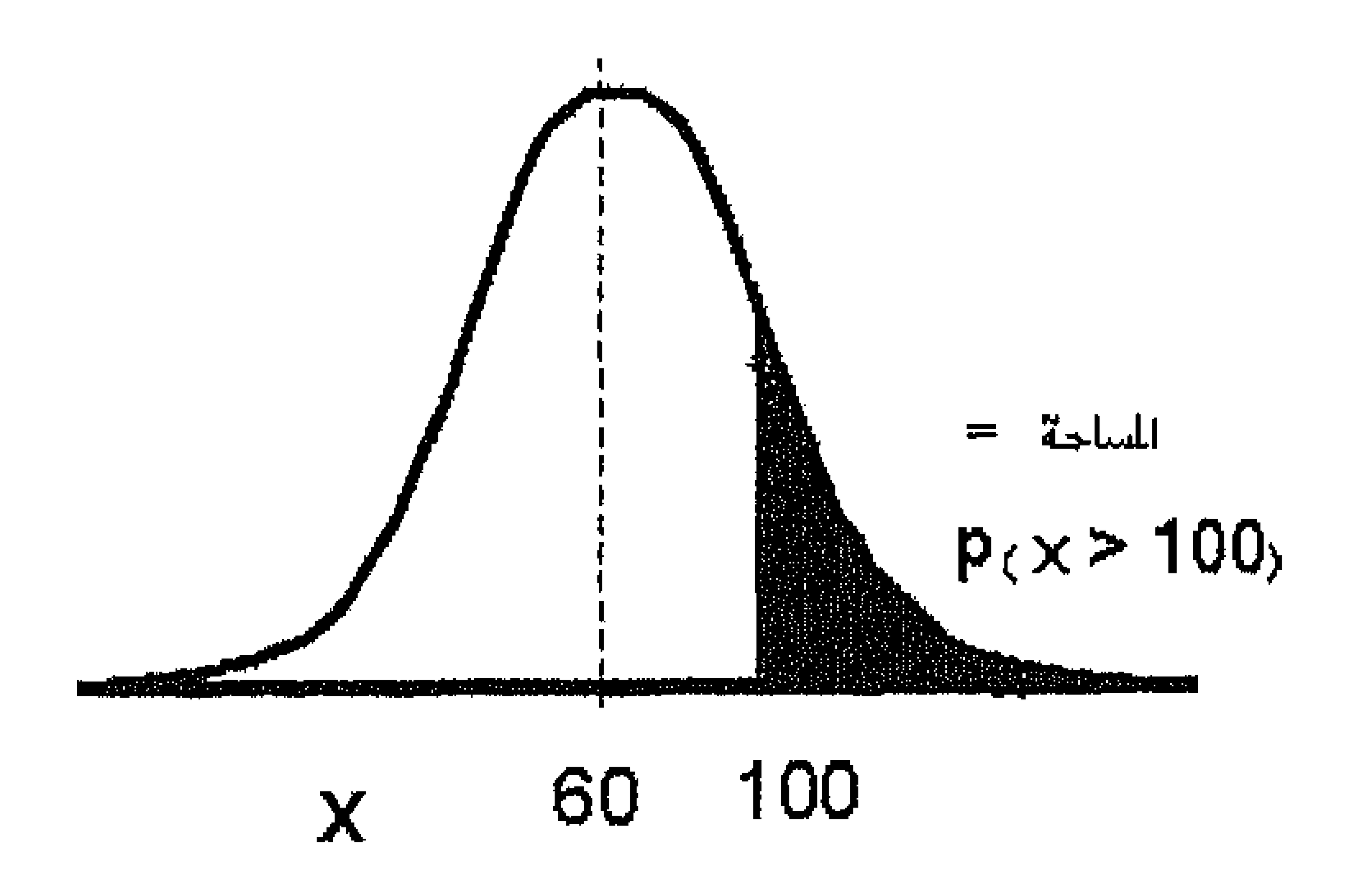
١١-١ إستعمال برنامج الإكسل لحساب إحتمالية وقوع حدث ما بناء على خصائص التوزيع الطبيعي للعمليات

من خلال التجارب السابقة على نظام تصنيعه يعلم مدير الإنتاج لدى شركة تصنيع مصابيح كهربائية أن عمر المصابيح المنتجة يتبع التوزيع الطبيعي. سحبت عينة تتكون من عشرين مصباحا وأجريت عليها دراسة إحصائية ووجد أن المتوسط في العينة يساوي ستين يوما والانحراف المعياري يساوي ٢٠ يوما. المطلوب تحديد نسبة المصابيح المنتجة في المصنع والتي يتوقع أن تشتغل أكثر من مائة يوم.

الحل يكمن في تحديد المساحة الموجودة تحت المنحنى الطبيعي بحيث تكون قيمة ($X > 100$). أولا: نقوم بحساب القيمة المعيارية :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} = \frac{100 - 60}{20} = +2.00$$

ومن الجدول (A1) في الملحق A، نجد أن قيمة الاحتمال الذي يقابل قيمة (Z=+2.00) هي 0.9773. نشير هنا أن هذا الاحتمال يمثل المساحة الواقعة تحت المنحنى والموجودة بين الحدود ($-\infty < X < 100$)، وبما أن المساحة الإجمالية الواقعة تحت المنحني ($-\infty < X < +\infty$) تساوي 1.00 فإن المساحة الموجود في المجال ($X > 100$) والتي تمثل احتمال أن يعمل المصباح لأكثر من ١٠٠ يوم تساوي: $1 - 0.9773 = 0.0227 = 2.27\%$ ومنه نستنتج أن نسبة الإنتاج من المصابيح التي يتوقع أن تعمل لأكثر من ١٠٠ يوما هي ٢.٢٧% من مجموع الإنتاج.

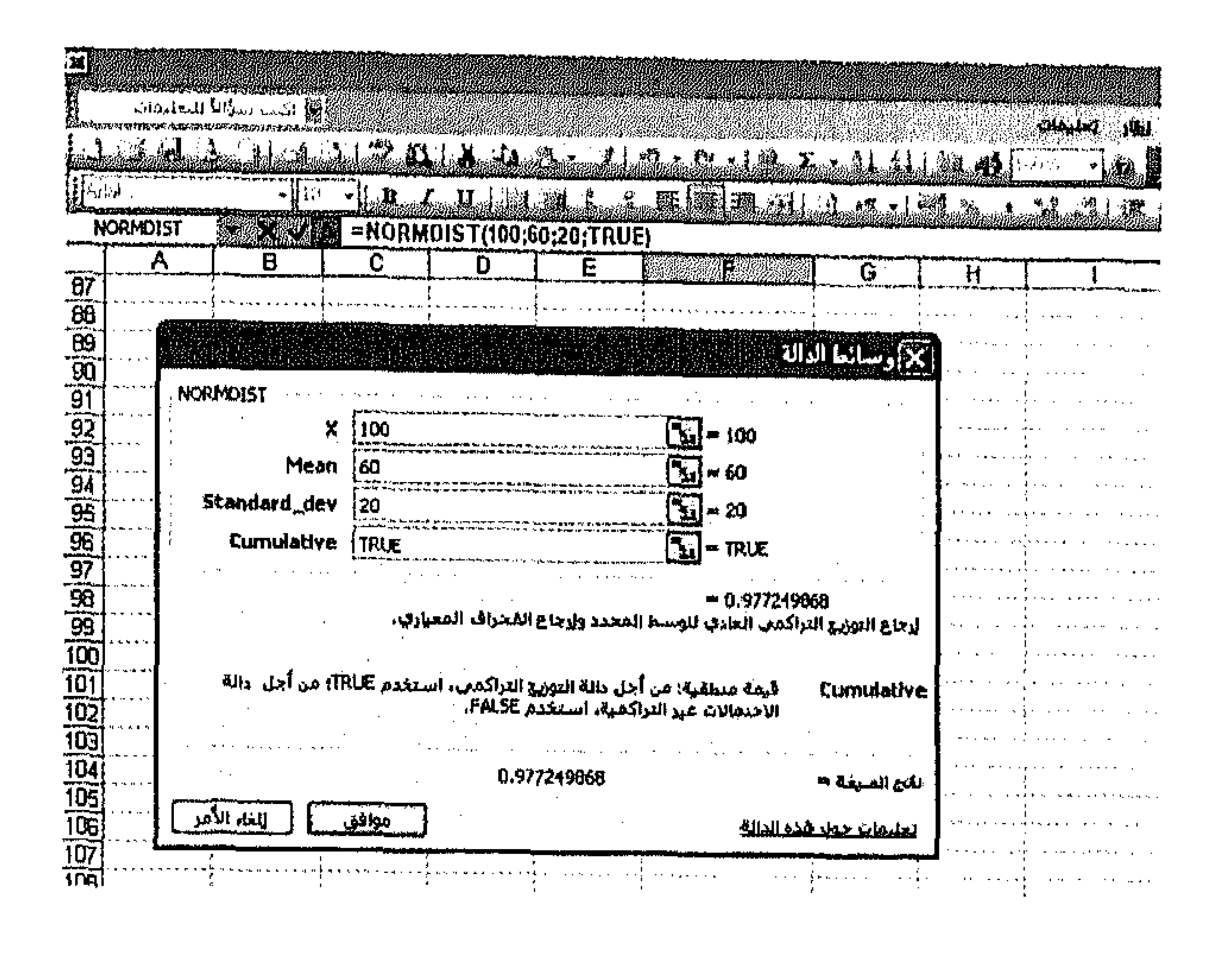


الشكل ٣-٣١ التوزيع الطبيعي لعمر المصابيح كهربائية

يسمح برنامج الإكسل بإجراء هذه الحسابات حسب الطريقة التالية:

- من شريط الأدوات إضغط على شريط الصيغ الحسابية (fx) لإدراج دالة.
- من مربع تحديد فئة اختر إحصاء ومن قائمة تحديد دالة نختار NORMDIST ثم موافق.
- في مربع وسائط الدالة الذي سيظهر أدخل قيمة في مربع X والقيمة المتوسطة في مربع Mean وقيمة الانحراف المعياري في مربع Standard_dev وفي مربع Cumulative أدخل TRUE ثم اضغط على موافق.

لاحظ أنه لما قمنا بإدخال بيانات المثال السابق في الإكسل كما هو موضح على الشكل (٣-٣٢) أدناه، فقد تحصلنا على نفس القيمة التي وجدناها عن طريق الجدول (A1) سابقا.



الشكل ٣-٣٢ حساب قيم احتمال وقوع قيم في مجال معين على إكسل

٢-١١ إستعمال برنامج المينيتاب لحساب إحتمالية وقوع حدث ما بناء على خصائص التوزيع الطبيعي للعمليات

من خلال سجلات شركة صناعة الخرسانة التي تورد لأحد المشاريع الإنشائية الهامة، تبين أن توزيع مقاومة الضغط للخرسانة (compressive strength) في العملية الإنتاجية يتبع التوزيع التكراري بمتوسط (60MPa) وإنحراف معياري (1MPa). إذا أخذنا عينة عشوائية من الخرسانة فما هو إحتمال أن تكون مقاومة الضغط :

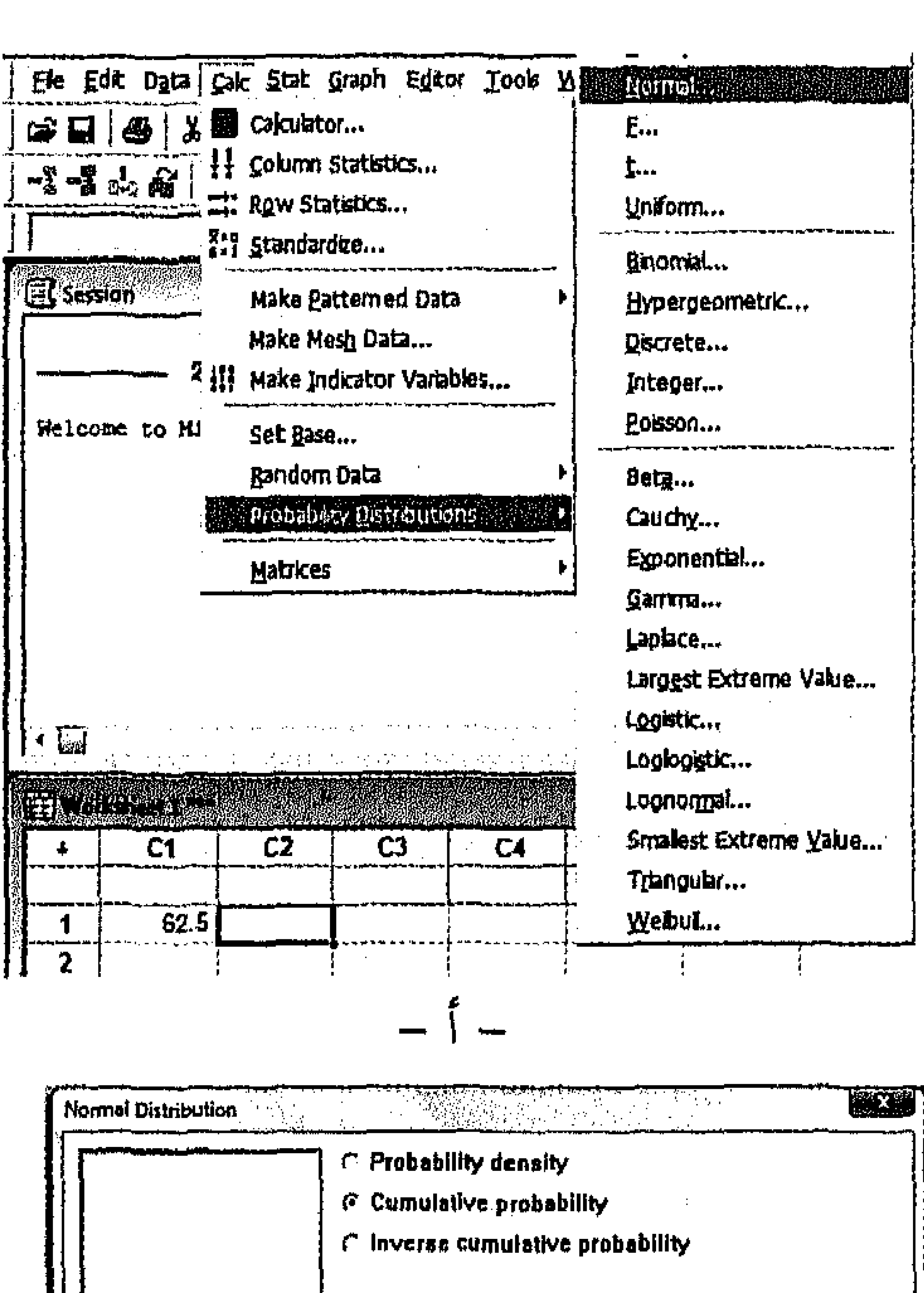
أ- أقل من (62.5 MPa) أو بمعنى آخر ما هي نسبة إنتاج الخرسانة التي تكون مقاومتها للضغط أقل أو تساوي (62.5 MPa)؟

ب- محصورة بين (58MPa) و(59)؟

ت- ما هي المقاومة للضغط التي تتعداها نسبة ٩٥ بالمائة من المنتج.

الحل: أ- بعد فتح برنامج المينيتاب، نقوم بإدخال قيمة (62.5) في الخانة الأولى من عمود (C1). ثم من قائمة (Calc) نختار (Probability distributions) ثم

(Normal) (الشكل ٣-٣٣-أ). نقوم بإدخال بيانات العملية أي القيمة المتوسة (Mean) والإنحراف المعياري (Standard deviation) كما هو موضح على الشكل (٣-٣٣-ب) ثم إضغط على (OK). لنحصل على قيمة الإحتمال المسجل في الخانة (C2) والمتمثلة في قيمة: (p=0.99379) أو بعبارة أخرى أن إحتمال إنتاج خرسانة بشدة مقاومة للضغط أقل من (62.5MPa) تساوي p=99.38% .



– أ –

– ب –

الشكل ٣-٣٣ خطوات حساب إحتمال حدوث حدث ما بإستعمال التوزيع الطبيعي في برنامج المينيتاب

ب – بنفس الطريقة نحسب إحتمال قيمة (58) و(59) ونحصل على النتائج التالية في مربع العمل (Session window):

Cumulative Distribution Function

```
Normal with mean = 60 and standard deviation = 1
x      P( X <= x )
58     0.0227501
```

Cumulative Distribution Function

```
Normal with mean = 60 and standard deviation = 1
x       P( X <= x )
59      0.158655
```

وبالتالي فإن نسبة المنتج المحصورة بين القيمتين (أو الإحتمال) هو:

```
P( X <= 59 )- P( X <= 58 ) = 0.1586 - 0.0227 = 0.1325
                           = 13.25 %
```

جـ – حساب قيمة المقاومة للضغط التي تتعداها نسبة ٩٥ بالمائة من المنتج:

من قائمة (Calc) نختار (Probability distributions) ثم (Normal) (الشكل ٣-٣٣-أ)، بعدها في مربع الحوار (Normal Distribution) نختار (Inverse cumulative probability) ونقوم بإدخال بيانات العملية أي القيمة المتوسة (Mean) والإنحراف المعياري (Standard deviation) وقيمة الإحتمال (0.95) في (Input constant) كما هو موضح على الشكل (٣-٣٤).

Normal Distribution

Probability density
Cumulative probability
Inverse cumulative probability

Mean: 60
Standard deviation: 1.0

Input column: C1
Optional storage: C2
Input constant: 0.95
Optional storage:

Select
Help
OK
Cancel

الشكل ٣-٣٤ حساب قيمة تتعداها نسبة من الإنتاج على برنامج المينيتاب

ثم بعد الضغط على (OK) نحصل على النتيجة التالية:

Inverse Cumulative Distribution Function

```
Normal with mean = 60 and standard deviation = 1
P( X <= x )         x
     0.95         61.6449
```

أي أن قيمة (61.64MPa) هي قيمة المقاومة للضغط التي تتجاوزها نسبة ٩٥ بالمائة من المنتج.

قد يتسائل أحدنا عن فائدة مثل هذه الحسابات للإحتمالات أو النسب المئوية للمنتج، والإجابة هي أن الفائدة في معرفة هذه النسب تفيد في تحديد مدى مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيق مواصفات محددة من قبل العميل، خاصة إذا تعلق الأمر بمادة هامة مثل الخرسانة الجاهزة ذات الأسعار المتزايدة والتي نستعملها في جل مشاريعنا الهندسية ول أبنيتنا الحديثة.

الفصل الرابع

المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط الجودة

للمتغيرات

---

١ مقدمة .

٢ الاختلافات في العمليات ومسؤولية الإدارة.

٣ المراقبة الإحصائية للعمليات وإستعمالاتها العملية في المنظمات.

٤ تحليل خرائط المراقبة.

٥ الخطوات العملية لاستخدام خرائط مراقبة العمليات.

٦ أنواع خرائط مراقبة الجودة.

٧ خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables).

٨ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى (Xbar-R charts).

٩ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج الميكروسفت إكسل والمينيتاب.

١٠ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري (Xbar-s charts).

١١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري بإستخدام برنامج الميكروسفت إكسل والمينيتاب.

١٢ أنواع أخرى من خرائط مراقبة المتغيرات (Run, Individual, ImR, EWMA).

١٣ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات

١ مقدمة

هناك سؤالان جوهريان من الضروري جدا أن نقوم بالإجابة عنهما في منظماتنا الإنتاجية أو الخدمية وهذا بهدف تقديم المنتجات أو الخدمات وفق معايير الجودة ومتطلبات العميل. السؤال الأول هو هل العملية التي نقوم عليها مستقرة ومتحكم فيها وتسير تحت سيطرتنا؟ أما السؤال الثاني فيكمن في: هل العملية قادرة على تحقيق مواصفات العميل أو لا؟

لقد أجمع علماء الجودة أن الإجابة عن هذين السؤالين تمثل جوهر فلسفات الجودة مثل إدارة الجودة الشاملة والستة سيجما التي تهدف كلتاهما إلى العمل بمنهجية النظام لتحقيق استقرار العمليات وجعلها قادرة على تحقيق مواصفات العميل والتميز في ذلك مع تسخير كل الإمكانات البشرية والمادية والتنظيمية في سبيل ذلك. إن العنصر الأساسي في ذلك هو مسؤولية الجميع بما فيهم الإدارة العليا ومجموع الموظفين على العمل على فهم التغيرات والاختلافات التي تقع في العملية أو مخرجاتها ومنه العمل على التقليل من هذه الاختلافات. يؤكد عالم الجودة إدوارد ديمنج في كتابه "الخروج من الأزمة" إلى أن الاختلافات في العمليات مرض قاتل يهدد المنظمات، وأنه على الإدارة العليا مسؤولية العمل على التقليل منها وإعطاء جميع الفرص للعمال للمشاركة في هذه العملية عبر التدريب والتفويض والتمكين وفرق التحسين.

ويهدف هذا الفصل والفصل القادم بإذن الله إلى عرض أساليب المراقبة الإحصائية للعمليات من خلال تطبيق خرائط المراقبة (خرائط الجودة) التي يمكن من خلالها لفريق التحسين مراقبة العمليات الإنتاجية أو الخدمية ومعرفة مدى إستقرارها عبر مختلف مراحل العمل وبالتالي تهيئتها لتكون قادرة على تحقيق مواصفات ومتطلبات العميل.

٢ الاختلافات في العمليات ومسؤولية الإدارة

يعود معنا الحديث هنا عن الاختلافات في خصائص الجودة على الرغم من أننا تطرقنا إليها في الفصول السابقة وهذا دليل على خطورتها على الجودة وكما أشار إليه ديمنج (Deming, 1986, 2000) فإن المهمة الأساسية للإدارة العليا لأي منظمة تكمن في فهم الاختلافات في العملية والتعامل معها، وهذا من خلال مجموعة من التقنيات والأدوات العملية مثل تلك التي تم التطرق إليها في الفصلين السابقين والمندرجة ضمن الأدوات الأساسية السبع للجودة.

لقد سبق وأن وضحنا أن كل العمليات سواء كانت إنتاجية أو خدمية لها خاصية مشتركة في كونها ذات طابع إنتاجي كمي، ومن السهل جدا أن يرى أحدنا الفروق والاختلافات التي قد تحصل في مخرجات العمليات ومدى تأثيرها على رضا العميل وعلى جودة الخدمة أو المنتج المقدم لهذا العميل. فالعلاقة الطردية بين الاختلافات والجودة واضحة، بمعنى أنه كلما زادت الاختلافات في العملية ساءت الجودة، والعكس صحيح. ومنه فعلى فرق التحسين مدعومة بإلتزام الإدارة العليا العمل على تقليل الاختلافات في العملية بهدف تحسين الجودة وتحقيق رضا العملاء، ولا يتأتى هذا إلا من خلال الدراسة والتحليل لهذه الاختلافات والبحث عن الأسباب المؤدية إليها.

تنقسم الاختلافات في العملية (Process Variations) إلى نوعين رئيسين:

- **الاختلافات العشوائية** تحدث بالصدفة (Chance Variations) : لا تعود هذه الاختلافات إلى أي سبب محدد وإنما تحدث عن طريق الصدفة.
- **الاختلافات ذات الأسباب المحددة** (Assignable Variations) : وهي التي يمكن إرجاعها إلى أسباب محددة حدثت في العملية كالتغيير المفاجئ

لمورد المادة الخام أو توظيف موظف ليست له الكفاءة اللازمة والتدريب المناسب في مجال العمل.

٢-١ الاختلافات العشوائية ذات الأسباب العامة (/Chance Variations Common Causes Variations) : وهي تلك التغيرات التي تحدث في خصائص المنتج أو الخدمة بطريقة عشوائية غير منتظمة وهي دائمة الوجود في العملية ولها تأثير طبيعي بسيط على الجودة. يشار إلى هذه الاختلافات بأنها تحدث نتيجة أسباب عامة من طبيعة العملية الإنتاجية نفسها والمتمثلة في التغيرات الطبيعية التي تحدث في العناصر المكونة للعملية الإنتاجية وأهمها التغيرات التي قد تطرأ على الآلات وعلى العمالة الفنية أو على المواد الخام وعلى المحيط أو على طرق العمل. قصد تحسين العملية ومخرجاتها فإنه يتوجب علينا التقليل من الاختلافات بصفة عامة ولكن يجب أن يلاحظ هنا صعوبة إزالة الأسباب العامة للانحرافات إلا بإجراء تعديلات أساسية على العملية ومنه يوصى بعدم العمل على هذا الجانب إلا في إطار برنامج التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement).

٢-٢ اختلافات ذات أسباب محددة (Assignable Variations) : وهي تغيرات كبيرة وواضحة في خصائص الجودة تحدث بطريقة منتظمة وفي فترات زمنية محددة، وهي من السهل ملاحظتها ويجب الوقوف على الأسباب التي أدت إلى حدوثها وإزالتها من العملية. وعادة ما يتم هذا دون إجراء تعديلات كبيرة على العملية. تسمى الأسباب المؤدية إلى هذا النوع من الاختلافات بالأسباب الخاصة أو المحددة (Assignable or Special Causes of Variations) وقد تشمل مثل ما ورد سابقا التغيير المفاجئ لمورد المادة الخام، التوظيف الحديث لعامل غير ماهر، الانقطاع المتردد في التيار الكهربائي، الاهتزازات الناجمة عن تشغيل آلة مجاورة، التغيرات المفاجئة في

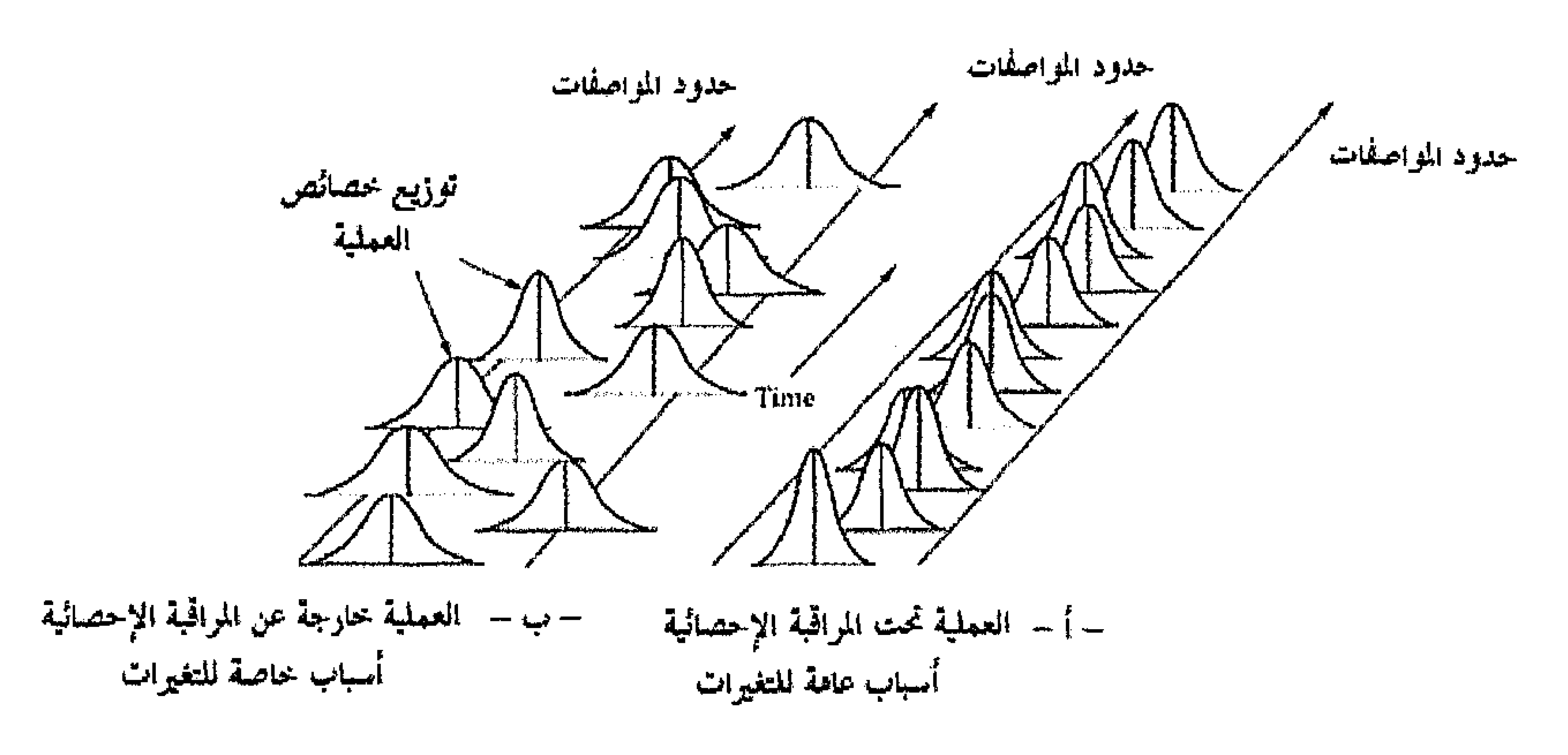
الجو إلى غير ذلك من الأسباب التي قد يكون لها تأثير قوي على جودة المنتج أو الخدمة.

٣ المراقبة الإحصائية للعمليات وإستعمالاتها العملية في المنظمات

٣-١ المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control - SPC)

تعتبر المراقبة الإحصائية (أو الضبط الإحصائي) للعمليات (SPC) من التقنيات العملية لمراقبة وضبط وتقييم وتحليل العمليات الإنتاجية والخدمية بهدف إجراء عملية التحسين المستمر عليها (Gaafar and Kaats, 1992). نذكر هنا بأن العملية تعبر عن أي طريقة منظمة يتم من خلالها تحويل مجموعة من المدخلات إلى مخرجات على شكل منتج صناعي أو خدمة تقدم إلى العميل وهذا ما يمكن فهمه من خلال الشكل (٣-١) من الفصل الثالث. تعتبر العملية مستقرة (Stable Process) وفي حالة الضبط الإحصائي (أو المراقبة الإحصائية) (Process in Statistical Control) إذا كانت التغيرات والاختلافات الموجودة في خصائص الجودة تعود إلى الأسباب العامة فقط ودون حدوث الأسباب الخاصة وأن هذه التغيرات تحدث دون تغيير مع الزمن. بمعنى أنه في حالة الضبط الإحصائي فإن مجال ومدى الاختلافات يكون قليلا بحيث يمكن حصره في مجال معين مقبول وتكون بذلك خصائص الجودة مستقرة في الزمن، وهذا ما يمكن توضيحه من خلال الشكل (٤-١-أ) الذي يبين لنا كيف أن التوزيع التكراري لخواص المنتج يكون ثابتا عبر الزمن في حين إذا حدثت أسباب خاصة في العملية فهذا يؤدي إلى اختلافات كبيرة في خصائص المنتج (الشكل ٤-١-ب) وفي هذه الحالة تصبح العملية غير مستقرة وخارجة عن المراقبة الإحصائية (Process out of control). نعرف التحسين المستمر في العملية بأنه "سلسلة الإجراءات التصحيحية المنهجة التي نقوم بها لإزالة الأسباب الخاصة من العملية

وإخراجها من حالة الخروج عن المراقبة الإحصائية، وتقليل الاختلافات فيها وجعلها مستقرة إحصائيا".



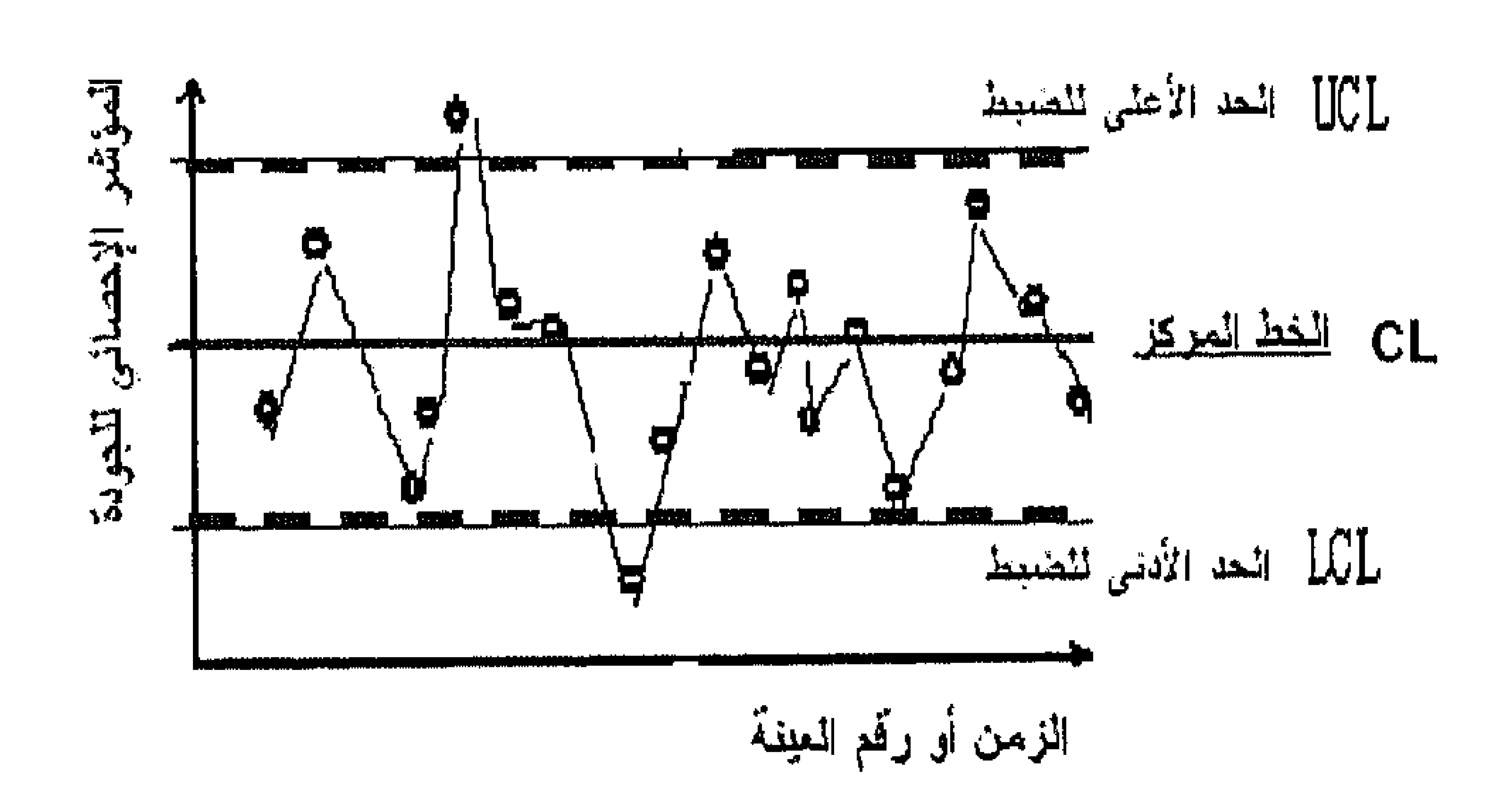
الشكل ٤ – ١ مفهوم المراقبة الإحصائية للعملية

٣–٢ خريطة المراقبة (Control Chart)

تعتبر خرائط المراقبة (Control Charts) العمود الفقري والأساس الرئيسي للمراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control SPC) بحيث يتم من خلالها إجراء تحليل إحصائي مستمر للتغيرات في العملية بهدف ضبط جودة خصائص المنتج (أو الخدمة) وتحسين أداء العملية، فهي إذا تقنية فعالة تساعد المدير القائم على العملية في اتخاذ الإجراء المناسب للوصول إلى أحسن أداء للعملية. ولقد تم تطوير هذه التقنية التي صنفت من الأدوات السبع الأساسية للجودة من طرف العالم الإحصائي شوهارت مع مطلع العشرينات للقرن الماضي في مختبرات الشركة العالمية بيل (Bell) (Shewhart, 1931).

خريطة المراقبة (لوحة مراقبة الجودة) هي عبارة عن رسم بياني يبين التغيرات التي تحدث في خصائص المنتج مع الزمن، بحيث يمكن من خلال هذه الخريطة التمييز بين التغيرات الطبيعية (Common Variations) التي تعود إلى الأسباب العامة الكامنة في

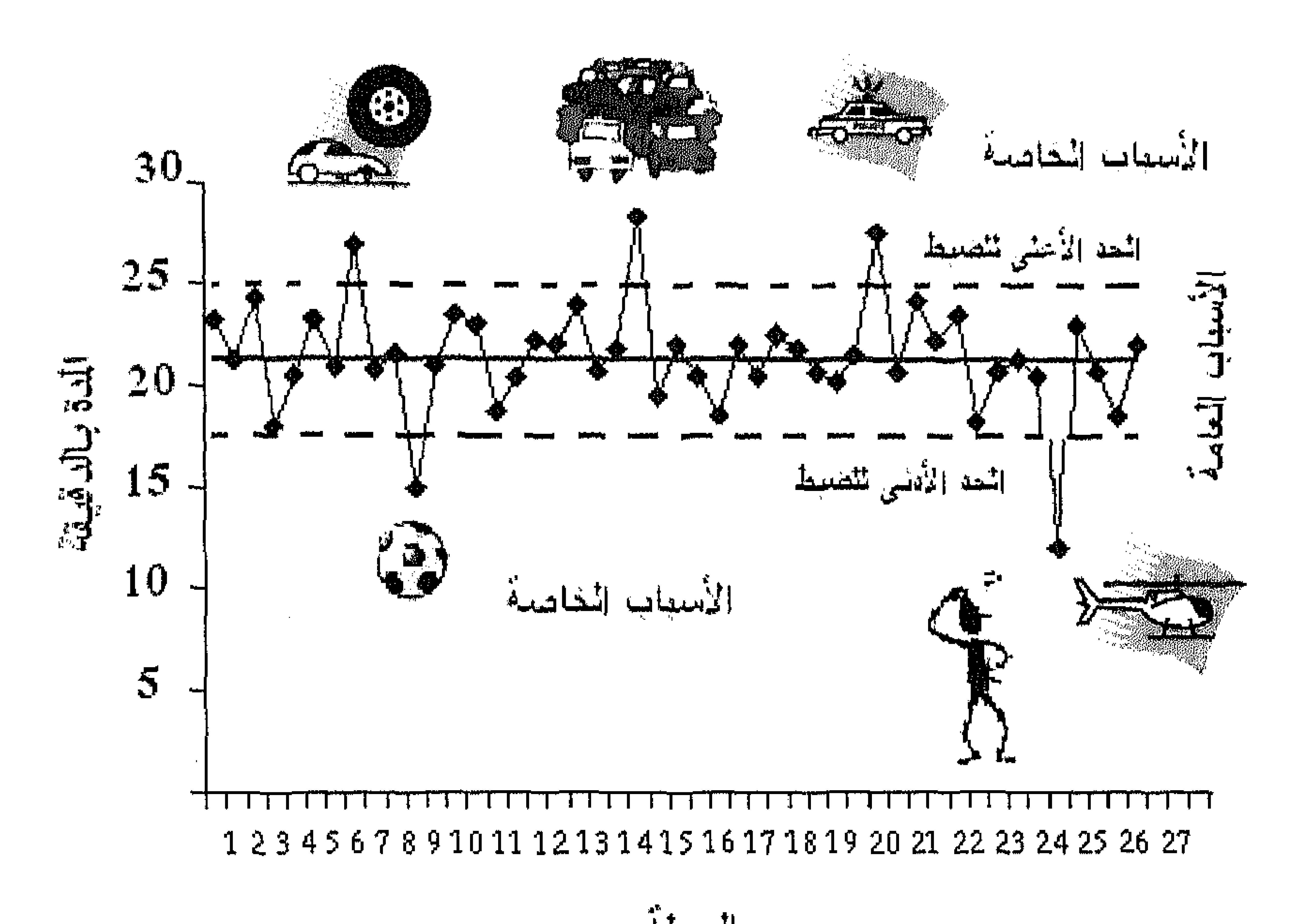
العملية وبين التغيرات التي تعود إلى أسباب محددة (Assignable Variations). يُرسم على محور السينات الزمن أو رقم سحب العينات وعلى محور ص المؤشر الإحصائي للجودة الذي نقوم بمراقبة العملية من خلاله كالمدى أو القيمة المتوسطة أو الانحراف المعياري في العينة. كما يضاف إلى الخريطة ثلاثة خطوط أفقية تمثل كلاً من الخط المركز (أو الخط الوسط) ((Centre Line (CL)) والحد الأعلى للضبط (Upper Control Limit - UCL) والحد الأدنى للضبط (Lower Control Limit - LCL). يمثل الخط المركز المتوسط الممكن تحقيقه في الخاصية في حين تمثل حدود الضبط (UCL, LCL) أقصى ما يمكن قبوله في تغيرات الخاصية المدروسة عندما تكون العملية في حالة الضبط الإحصائي. من خلال الشكل (٤-٢) نوضح مفهوم خريطة المراقبة التي تبين التغيرات الواقعة في المؤشر الإحصائي لكل عينة من المنتج وهذا عبر زمن سير العملية مضافة إليها حدود الضبط والخط المركز. نشير هنا إلى أنه يجب أن تتم عملية سحب العينات من العملية بحيث تكون الوحدات التابعة للعينة الواحدة (Rational subgroup) لا تقع إلا تحت تأثير التغيرات الطبيعية في حين يسمح بوقوع التغيرات ذات الأسباب الخاصة بين العينة والأخرى.



الشكل ٤-٢ مفهوم خريطة مراقبة العمليات

ولتوضيح هذا المفهوم، نعرض من خلال الشكل (٤-٣) مثالا لخريطة مراقبة عملية رحلتي اليومية من البيت إلى مقر العمل. من خلال هذه الخريطة يتبين أن مدة الرحلة تتغير بالنسبة لقيمة متوسطة (حوالي ٢٢ دقيقة) وهذه التغيرات الطبيعية في العملية ترجع إلى أسباب عامة مثل إشارات المرور، زحمة الطريق إلى غير ذلك من الأمور الطبيعية في طرقنا العصرية وهذا ما يجعل مدة الرحلة قد تطول أو تقصر عن مدة معينة ولكنها محصورة في حدود واضحة (حدود الضبط للعملية). كما نلاحظ من خلال الخريطة أن في بعض الأحيان تكون المدة أقل من الحد الأدنى أو أكبر من الحد الأعلى ويعود هذا إلى أسباب خاصة منها السرعة الكبيرة التي قد تقصر مدة الرحلة كما يمكن أن تطول المدة نظرا لوقوع حادث في الطريق أو تغيير المسار لأعمال صيانة على الطريق أو وجود نقطة تفتيش للشرطة.

من أهم استعمالات خرائط المراقبة هي دراسة مدى استقرار العمليات الإنتاجية والخدمية والتنبؤ بالأداء المستقبلي لها، فبصفة عامة يتم الحكم على أن العملية مستقرة وتحت الضبط الإحصائي (Process in Control) إذا كانت جميع النقاط واقعة بين حدود الضبط (UCL, LCL). أما في حالة وقوع نقطة أو مجموعة من النقاط خارج حدود الضبط فإن العملية تصبح غير مستقرة وتعتبر خارجة عن حالة الضبط الإحصائي (Process out of Control) ويكون هذا مؤشرا قويا على أن العملية تقع تحت تأثير أسباب خاصة يجب البحث عنها وإزالتها من العملية وأن منتجاتها ستكون دون مستوى الجودة المطلوب.



الشكل ٤-٣ خريطة المراقبة للرحلة اليومية من البيت إلى العمل

يعبر علماء الجودة على حدود الضبط (Control Limits) بأنها الصوت الناطق للعملية (Voice of the Process) إذ أنها تحسب من خلال البيانات التي تنتجها العملية وهي المؤشر على مقدرة العملية على تحقيق المواصفات المطلوبة من طرف المستهلك والعميل. كما تعتبر حدود المواصفات (Specifications Limits) الصوت المعبر عن المستهلك (Voice of the Customer)، وأن كل من حدود الضبط وحدود المواصفات هما المعاملان الأساسيان في حساب مقدرة العمليات (Process Capability) كما سيأتي معنا فيما بعد من الفصول.

٣-٣ الأهداف الممكن تحقيقها باستعمال خرائط المراقبة للعمليات

من خلال استعمال خرائط المراقبة للجودة يمكن للمؤسسات الإنتاجية والخدمية على حد سواء تحقيق الأهداف التالية (Besterfield, 1998, p. 114):

١. **التحسين المستمر للعمليات** (Continuous Process Improvement): إذ تعتبر هذه التقنية إحدى أهم التقنيات الأساسية في التحسين المستمر للعمليات التي تبنتها العديد من المنظمات والشركات العالمية في المجالات الإنتاجية والخدمية.

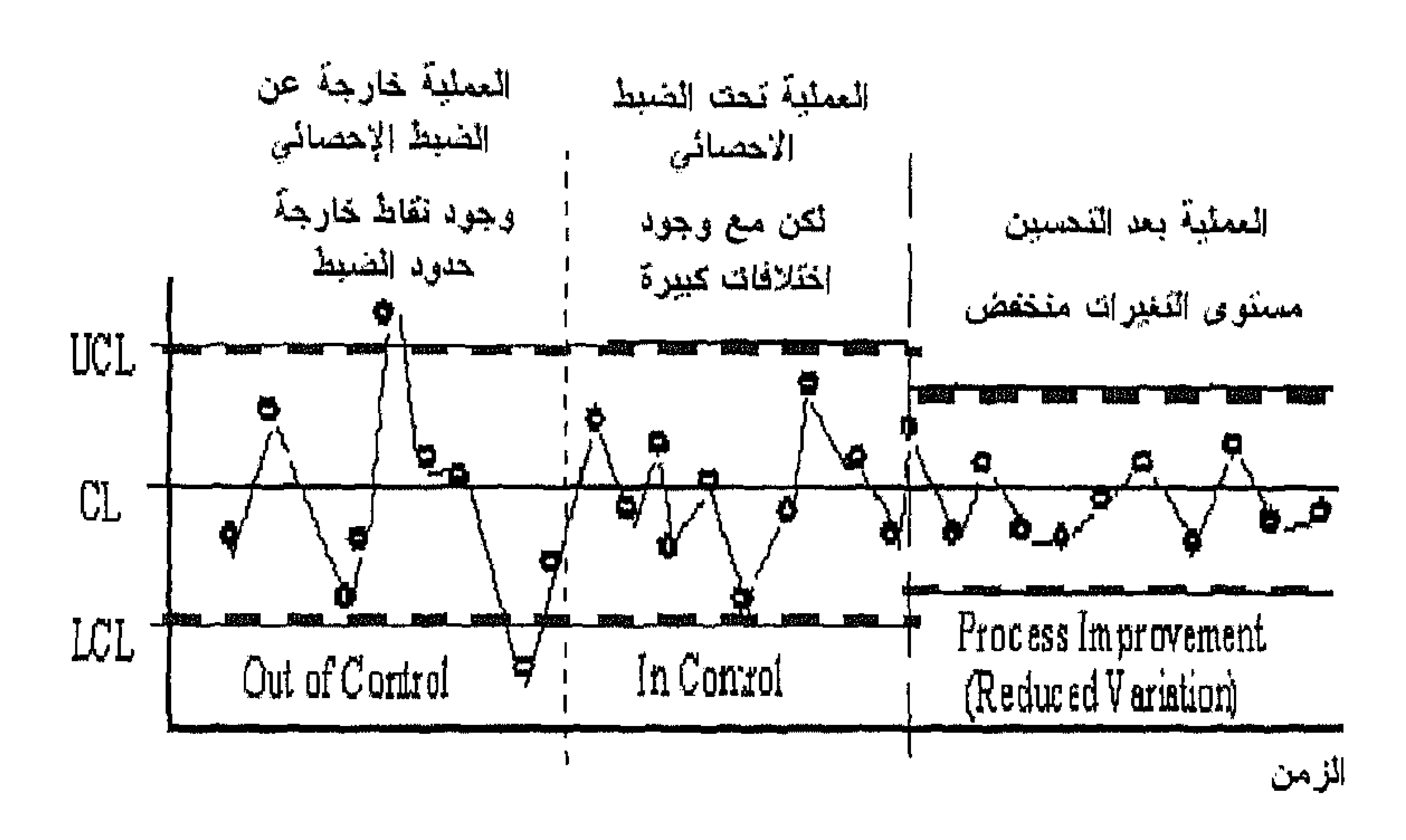
٢. **تحديد مقدرة العمليات** (Process Capability) على تحقيق أهداف العملية والمتمثلة في مواصفات المنتج (Product Specifications). فمن خلال هذه التقنية يمكن إجراء التحسينات المناسبة التي تؤدي إلى الرفع من مقدرة العملية وهذا ما سيتم التطرق إليه في الفصل السادس بإذن الله.

٣. **اتخاذ القرارات الخاصة بتحديد المواصفات** (take decisions in regards to specifications): كنتيجة طبيعية لتحديد المقدرة الحقيقية للعملية يمكن للكادر الفني والإداري تحديد مواصفات المنتج بشكل دقيق وفعال يسمح بالتوافق بين الإمكانات الفنية والتقنية للعملية الإنتاجية مع المواصفات التي يرغب فيها العميل وبذلك يتم تحقيق مستويات عليا للجودة.

٤. **اتخاذ القرارات المتعلقة بالعملية** (Current decisions in regards to the process) : تسمح هذه الخرائط بتحديد مدى استقرار العمليات الإنتاجية ومعرفة فيما إذا كانت العملية واقعة تحت المراقبة الإحصائية أو عكس ذلك. في حالة أن العملية تكون خارجة عن السيطرة والتحكم فإن الخرائط تسمح بالوقوف عليها لبحث وتحديد الأسباب المؤدية إلى ذلك والعمل على إزالتها. وتسمح خرائط المراقبة بتحديد فيما إذا كانت التغيرات الحاصلة على خصائص المنتج هي تغيرات طبيعية أم أنها تغيرات غير طبيعية وقد يكون لها تأثير سلبي على الجودة بحيث تتسبب في إنتاج كميات كبيرة من المنتج دون المواصفات. وهذا ما يؤدي إلى عدم رضا العميل وزيادة في تكاليف الإخفاق في الجودة.

٥. **الرفع من الكفاءة الإنتاجية** (Increased Productivity) وإنتاج منتجات أكثر اتساقا وحسب رغبات ومتطلبات العميل مما يساهم في تحسين العلاقة بين المنتج والعميل.

إنه لمن السهل أن تلاحظ عزيزي القارئ أن كل هذه الأهداف مترابطة مع بعضها البعض، فلا يمكن تحقيق هدف تحسين الجودة في أي منشأة أو منظمة إلا إذا كانت مقدرة العملية على تحقيق المنتج حسب المواصفات عالية جدا، وهذه الأخيرة هي بدورها مرتبطة بالتحديد الدقيق لمواصفات المنتج التي تحقق رغبات ومتطلبات العميل وكل هذه الأهداف يمكن أن تحققها المنظمة من خلال خرائط المراقبة للعمليات (Control Charts).



الشكل ٤ — ٤ مراقبة العمليات عن طريق خرائط المراقبة

٤ تحليل خرائط المراقبة (Process Control)

بعد أن تسحب مجموعة من العينات من العملية على فترات مختلفة، ترسم خريطة المراقبة وهذا بتعيين نقاط العينات عليها مع حدود الضبط (UCL, LCL)

والخط المركزي (CL). نقوم بعد ذلك بتحليل ودراسة هذه الخريطة لاستقراء مدى استقرار العملية ووقوعها تحت الضبط (المراقبة) الإحصائي (Process in control). تُتبع في دراسة استقرار العملية قاعدة عامة مفادها أنه إذا حدث وجود نقطة واحدة خارجة عن حدود الضبط فإن العملية غير مستقرة وإذا وقعت جميع النقاط داخل حدود الضبط تعتبر العملية تحت الضبط الإحصائي ويتعين تبني هذه الحدود واعتبارها حدود الضبط الفعلية واعتماد الخريطة لمراقبة العملية في المستقبل (الشكل ٤-٤).

أما إذا وقعت بعض النقاط خارج حدود الضبط فهذا دليل على أن العملية ليست منضبطة إحصائيا وليست واقعة تحت المراقبة ومنه يتوجب البحث عن الأسباب الخاصة (Assignable Causes) التي أدت إلى وقوع هذه النقاط خارج حدود الضبط وإزالتها من العملية ومن ثم يمكن اتخاذ أحد الإجراءين التاليين:

- سحب عينات جديدة من خط الإنتاج وتجميع بياناتها وإعادة حساب حدود الضبط ورسم الخريطة من جديد.
- إهمال النقاط الخارجة عن حدود الضبط وإعادة حساب حدود الضبط ورسم الخريطة من جديد على أساس العينات المتبقية واعتماد اللوحة الجديدة لمراقبة العمليات الإنتاجية اللاحقة مع وجوب إخضاعها للرقابة والمراجعة الدورية.

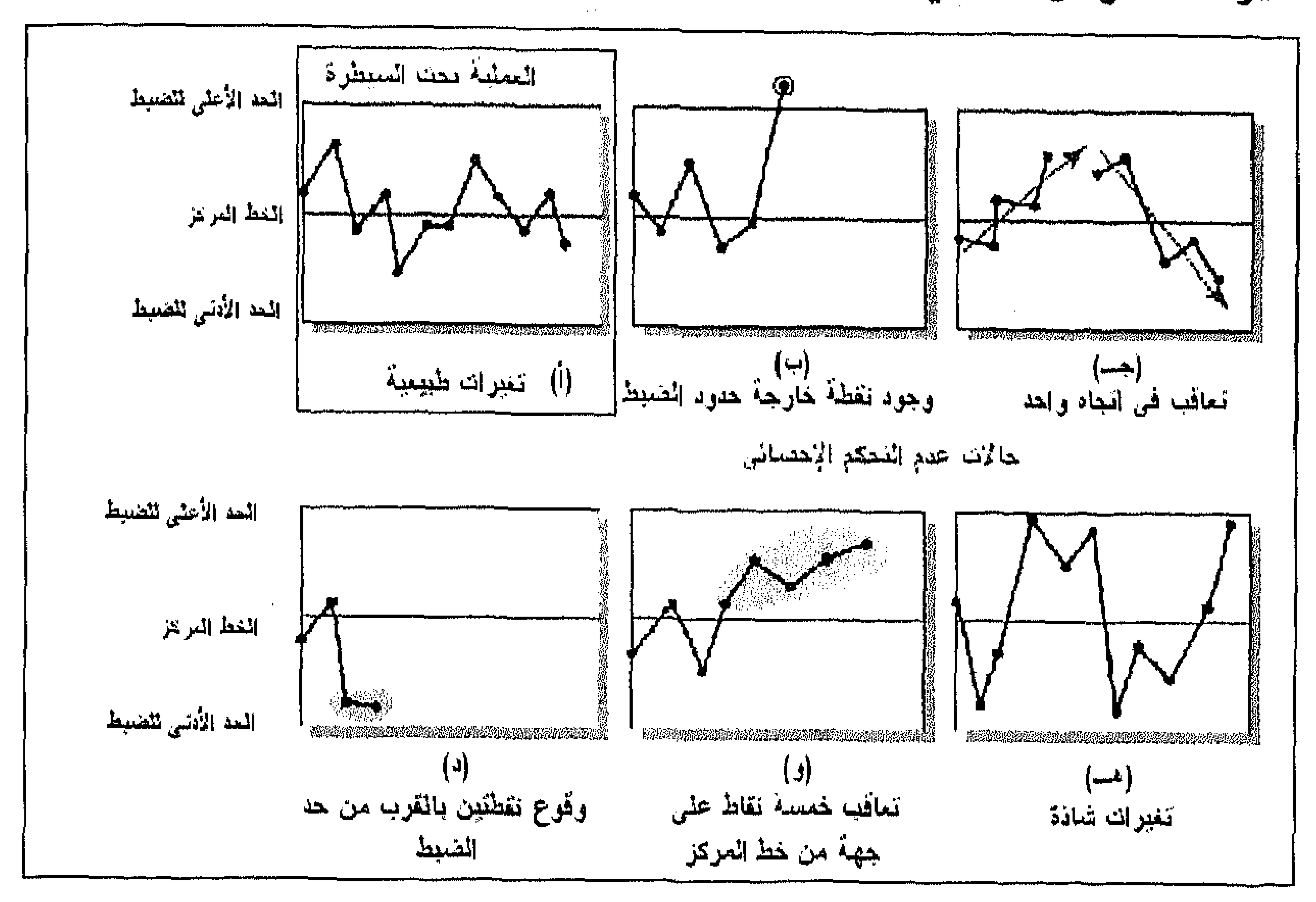
على الرغم من أن القاعدة العامة لاستقرار العملية هي وجود جميع النقاط داخل حدود الضبط (الشكل ٤-٥ — أ) إلا أنه وفي بعض الحالات وعلى الرغم من تحقيق هذا الشرط إلا أن نمط التغيرات واتجاهاتها التي تظهرها الخريطة يدل على وجود أسباب نظامية معينة تؤثر سلبا على استقرار العملية. ومن بين أهم هذه الحالات نذكر ما يلي:

أ- **حالة المتجهات** (Trends) : وتتمثل هذه الحالة في التزايد أو التناقص المستمر لمجموعة من النقاط (الشكل ٤-٥ – ج) .

ب- **حدوث نقطتين أو أكثر عند أحد حدود الضبط** (الشكل ٤-٥ – د).

ت- **حالـة التعاقـب** (Run) لمجموعـة مـن النقـاط علـى جهـة معينـة مـن خـط المركز (الشكل ٤-٥-و).

ث- **تغيرات كبيرة وشاذة في العملية** (Erratic behavior) (الشكل ٤-٥ – هـ).



الشكل ٤-٥ مؤشرات خريطة المراقبة عن حالة التحكم في العملية

قد يجد القارئ الكريم في الكتب والمراجع العلمية والتقنية عدة قوانين تحدد حالة خروج العملية عن المراقبة الإحصائية ولكنها كلها تنصب في تحليل أنماط التغيرات الموجودة في العملية والتي تظهر من خلال الخريطة. هنا وقصد تبسيط الأمر سيتم عرض القوانين التي قدمتها الشركة الغربية للكهرباء بالولايات المتحدة الأمريكية (Western Electric Company - WEC) والتي تعتبر معيارا للعديد من المؤسسات الإنتاجية والخدمية في مجال تحليل خرائط المراقبة. في هذه الطريقة يقسم المجالين بين الخط المركز والحدود القصوى للضبط إلى ثلاث مناطق (A, B, C) بحيث تكون حدود المنطقة C ($\mu \pm \sigma$) وحدود المنطقة B ($\mu \pm 2\sigma$) والمنطقة A ($\mu \pm 3\sigma$) كما هو موضح على الشكل (٤-٦). هنا نشير أن الخطين الواقعين على

($\mu \pm 3\sigma$) هما حدود الضبط العليا والسفلى (Upper and Lower Control Limits)في حين يعتبر الخطان الواقعان على ($\mu \pm 2\sigma$) كحدين تحذيرين للعملية (Upper and Lower Warning Limits). نذكر هنا أن المعامل (μ) يمثل القيمة المتوسطة للعملية و(σ) تمثل قيمة الانحراف المعياري للعملية. جدير بالذكر هنا أن الكثير من علماء الجودة ومنهم جوران وبسترفيلد ينصحون باستعمال القوانين العامة التي تم شرحها من خلال الشكل (٤-٥) دون الاعتماد على قوانين شركة (WEC) التي تقوم على حساب الحدود التحذيرية (UWL, LWL) في تحليل استقرار العمليات وهذا ما سنعتمده في كتابنا هذا عند عرض التطبيقات العملية لخرائط المراقبة. بصفة عامة هنالك ثلاثة قواعد أساسية تستخدم للحكم على خرائط المراقبة وفقا لما ذكر أعلاه:

القاعدة الأولى : تعتبر العملية خارجة عن الضبط إذا وجدت نقطة واحدة أو أكثر فوق الحد الأعلى للضبط (UCL) أو تحت الحد الأدنى للضبط (LCL).

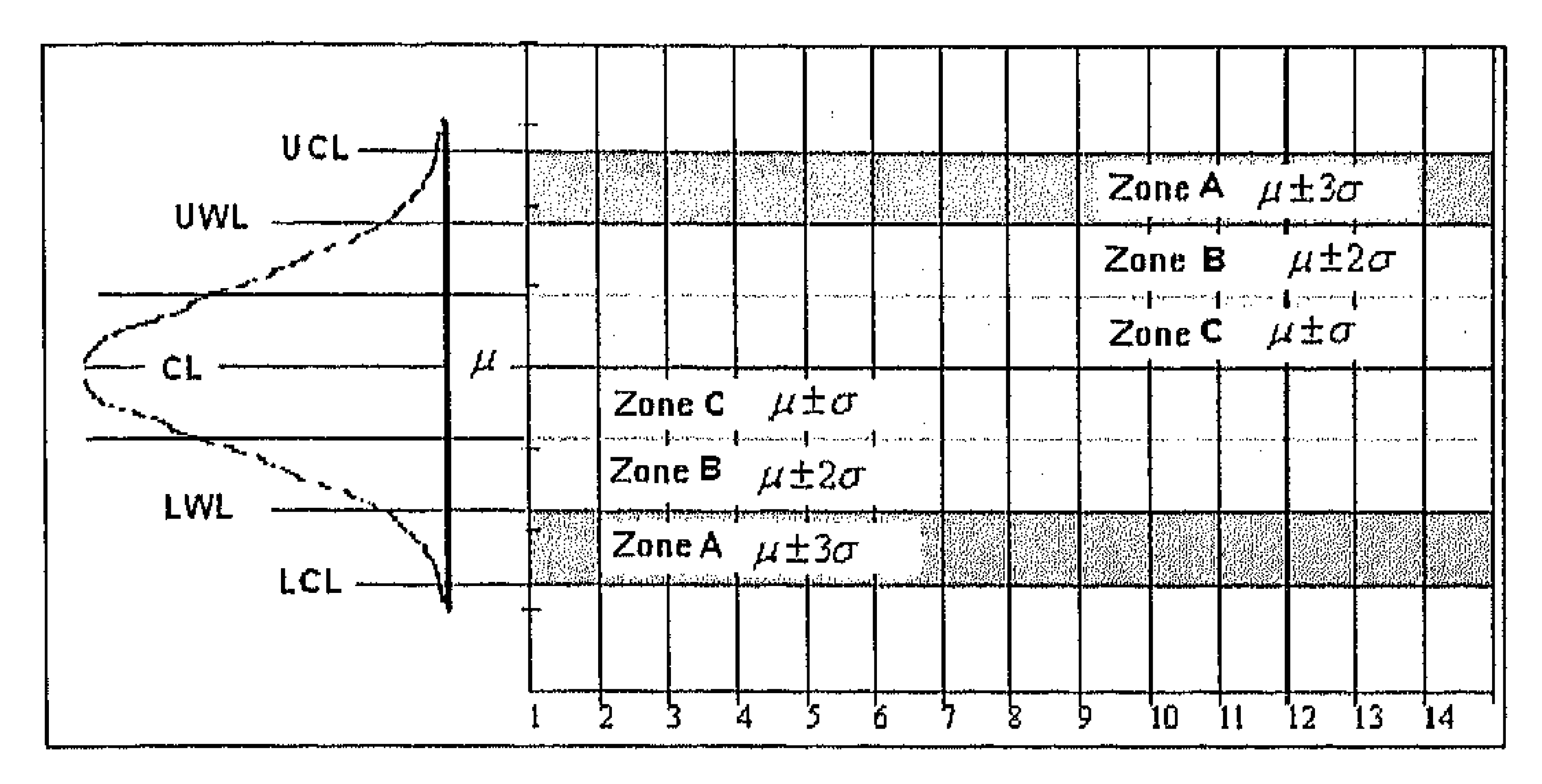
القاعدة الثانية : تعتبر العملية خارجة عن الضبط الإحصائي في الحالات التالية:

أ- إذا وجدت نقطتان متتاليتان أو أكثر بين الحد التحذيري الأعلى (UWL) والحد الأعلى للضبط (UCL) أي في المنطقة (A).

ب- إذا وجدت نقطتان متتاليتان أو أكثر بين الحد التحذيري الأسفل (LWL) والحد الأسفل للضبط (LCL).

القاعدة الثالثة : تعتبر العملية خارجة عن الضبط إذا وجدت ثمان نقاط متتالية أسفل أو اعلى الخط المركزي، أي أنها تقع في المنطقة (C).

في هذه الحالات جميعها يجب على الفريق العامل على الجودة أن يدرس العملية ويبحث عن الأسباب التي تدفع العملية للخروج من حالة الضبط والمراقبة الإحصائية.



الشكل ٤-٦ حدود الضبط والحدود التحذيرية في خريطة المراقبة

٥ الخطوات العملية لاستخدام خرائط مراقبة العمليات

من خلال ما تم عرضه في الفقرات السابقة يتضح أن خرائط المراقبة تعد إحدى الأدوات الفعالة لدى الفريق الإداري للمنظمة لتقييم الوضعية الحالية للعملية والتنبؤ بالظروف المستقبلية لها وكذلك في الرفع من الكفاءة الإنتاجية وخفض التكاليف، لهذا فإنه يبدو طبيعيا أن تكون هذه التقنية مدرجة في أحدث الفلسفات الإدارية المعاصرة مثل إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) والستة سيجما (Six Sigma) التي تبنتها كبرى الشركات العالمية مثل شركة موتورولا وكسيروكس، وقصد تحقيق ذلك، فقد أعطى (Leigh, 1993, p. 21) الخطوات العملية التطبيقية لاستخدام خرائط المراقبة في العمليات الإنتاجية أو الخدمية، وهي كما يلي:

١. تحديد العملية المراد مراقبتها.

٢. تحديد البيانات المراد تجميعها من العملية.

٣. جمع البيانات.

٤. عمل وإنشاء خريطة المراقبة.

٥. تحليل ودراسة الخريطة.

٦. اتخاذ وتنفيذ الإجراء التصحيحي المناسب.

٧. الاستمرار في جمع البيانات عن العملية.

٨. العودة إلى الخطوة (٤).

٦ أنواع خرائط مراقبة الجودة

تنقسم خرائط مراقبة الجودة إلى نوعين رئيسين وهما :

أ- **خرائط المراقبة للمتغيرات** (Control Charts for Variables) : المتغيرات هي مجموع خصائص المنتج أو الخدمة التي يمكن قياسها باستعمال أجهزة القياس مثل الأبعاد، والوزن ، أو الزمن أو الخصائص الفيزيائية أو الميكانيكية للمنتجات. أما في مجال العمليات الخدمية فقد تكون المتغيرات مثلا مدة انتظار المريض في العيادة، أو المدة التي تستغرقها عملية بنكية كالسحب أو الإيداع إلى غير ذلك. وأكثر خرائط المراقبة للمتغيرات استعمالا في المجالات الصناعية والخدمية هي خرائط المراقبة للمدى والمتوسط ($\overline{X}-R-charts$) وخرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ($\overline{X}-s-charts$).

ب- **خرائط المراقبة للخواص** (Control Charts for Attributes) : الخواص أو الصفات (Attributes) هي خصائص المنتج أو الخدمة التي لا يمكن تحديدها عن طريق عملية القياس وإنما بالعد والحساب لعدد الوحدات المنتجة أو الخدمات المقدمة والتي يمكن الحكم عليها بأنها مقبولة أو مرفوضة بناءا على معايير ثابتة. مثال ذلك أعداد الكراسي الموجودة في القاعات الدراسية والتي يوجد فيها كسر على قاعدة الجلوس. في المجالات الإنتاجية والخدمية، أكثر خرائط المراقبة للخواص استعمالا هي خريطة عدد العيوب (c-chart) وخريطة

نسبة المعيب (p-Chart)، وخريطة عدد العيوب للعينة المتغيرة (u-Chart) وخريطة عدد المعيب للعينة الثابتة (np-Chart).

سوف يخصص هذا الفصل لعرض كيفية عمل واستعمال خرائط المراقبة للمتغيرات في حين سنخصص الفصل الخامس لدراسة خرائط المراقبة للخواص.

٧ خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables)

تعتبر خرائط المراقبة للمتغيرات من أكثر خرائط الجودة استعمالا في مجال ضبط الجودة في العمليات الصناعية والخدمية وبرامج التحسين المستمر للعمليات القائمة على منهجية الستة سيجما، بحيث أنه لا يمكن أن تطلع على كتاب في موضوع إدارة الجودة الشاملة أو الستة سيجما إلا وتجد أكثر من فصل مخصص لخرائط المراقبة بنوعيها. يطلق على هذه الخرائط اسم خرائط شوهارت (Shewhart control charts) نسبة إلى العالم الإحصائي والتر شوهارت الذي قام بتطوير هذه الخرائط لمراقبة الإنتاج لدى شركة بيل الامريكية مع مطلع العشرينات من القرن الماضي.

أكثر أنواع خرائط المراقبة للمتغيرات استعمالا في المجالات الصناعية والخدمية هي:

١. خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ($\overline{X}$ -R chart)

٢. خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ($\overline{X}$ -s chart).

إضافة إلى هذه الخرائط هناك أنواع أخرى ذات استعمالات خاصة مثل:

٣. خريطة الوسيط (Median Chart)

٤. خريطة القيم الفردية (Individuals control charts)

٥. خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيا (Exponentially Weighted Moving Average Chart EWMA).

٨ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ($\overline{X}$ -R Chart)

تستعمل هذه الخرائط لمراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية إذا كان حجم العينات المسحوبة صغيرا نوعا ما أي ١٠ وحدات (أو ١٠ ملاحظات) أو أقل. في هذه الحالة يمكن أن نستعمل المدى R كمقياس للتشتت في العملية بدلا من الانحراف المعياري S للعينة.

٨-١ خطوات عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى

لعمل هذه الخرائط نتبع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى - سحب العينات وإجراء عمليات القياس : نقوم بسحب عدد g من العينات المتتالية بحيث يكون هذا العدد مساويا أو أكبر من ٢٠، وتحتوي كل عينة على مجموعة $n \leq 10$ من وحدات المنتج . عادة ما نأخذ ٣، ٤ أو ٥ وحدات في كل عينة ويجب أن يكون هذا العدد ثابتا في جميع العينات. نقوم بعد ذلك بإجراء عمليات القياس على خاصية الجودة المراد مراقبتها.

الخطوة الثانية - عمل خريطة المراقبة للمدى (R Chart) : نبدأ أولا بعمل خريطة المراقبة للمدى بإتباع الخطوات التي سنقوم بشرحها في هذه الفقرة. نلاحظ هنا أنه في حالة أكدت خريطة المدى أن العملية تقع تحت المراقبة الإحصائية فسنواصل في عمل خريطة المراقبة للمتوسط ($\overline{X}$ Chart). تسمح خريطة المدى بقياس درجة التشتت في المنتج في حين تسمح خريطة المتوسط بمراقبة تغيرات القيمة المتوسطة خلال مختلف فترات العملية، وقصد إنشاء خريطة المراقبة للمدى نقوم بإتباع الخطوات التالية:

١- **حساب المدى لكل عينة** R وهو الفرق بين أكبر قيمة (X_L) وأصغر قيمة (X_s) في بيانات العينة:

$$R = X_L - X_s$$

٢ - **حساب القيمة المتوسطة** لقيم المدى بالنسبة لمجموع العينات:

$$\overline{R}=\frac{\sum_{i=1}^{g}R_i}{g}=\frac{R_1+R_2+........+R_g}{g}$$

و تستعمل القيمة المتوسطة لقيم المدى ($\overline{R}$) كخط المركز للخريطة (Center Line) وبحيث تمثل (g) عدد العينات المسحوبة من العملية.

٣ - **حساب حدود الضبط للمدى** حسب المعادلات التالية:

الحد الأدنى للضبط : $LCL_R = D_3.\overline{R}$

الحد الأعلى للضبط : $UCL_R = D_4.\overline{R}$

أين لدينا (D_3) و(D_4) معاملات ثابتة يمكن الحصول عليها من الجدول (٤-١).

٤ - **رسم خريطة المدى** مع حدود الضبط والخط المركز.

٥ - **دراسة وتحليل خريطة المراقبة للمدى:** إذا كانت العملية منضبطة إحصائيا فسنواصل مباشرة في عمل خريطة المراقبة للمتوسط حسب ما سنقوم بشرحه في الخطوة الثالثة. أما إذا حدثت حالة الخروج عن الضبط الإحصائي فنقوم بتحديد أسباب الانحرافات التي قد نلاحظها في الخريطة وإهمال النقاط الخارجة عن حدود الضبط ثم إعادة حساب حدود الضبط الجديدة، ومن ثم دراسة استقرار العملية في ضوء حدود الضبط الجديدة.

حجم العينة	A_2	A_3	B_3	B_4	D_3	D_4
2	1.880	2.659	0	3.267	0	3.267
3	1.023	1.954	0	2.568	0	2.575
4	0.729	1.628	0	2.266	0	2.282
5	0.577	1.427	0	2.089	0	2.115
6	0.483	1.287	0.030	1.970	0	2.004
7	0.419	1.182	0.118	1.882	0.076	1.924

الجدول ٤–١ قيم المعاملات الثابتة المستعملة في خرائط الجودة للمتغيرات

(المصدر : فايغنبوم ص ٤٠٦ وهو عينة من الجدول العام (A-2) المضمن في الملحقات، آخر هذا الكتاب)

الخطوة الثالثة – عمل خريطة المراقبة للمتوسط ($\overline{X}$ Chart) : تسمح هذه الخريطة بدراسة التغيرات الواقعة في القيم المتوسطة في العملية، ولإنشاء هذه الخريطة نتبع الخطوات التالية:

١ – **حساب متوسط كل عينة** $\overline{X}$ على حدة حسب المعادلة التالية:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$

٢ – **حساب متوسط المتوسطات** وهو مجموع متوسط العينات مقسوما على عددها:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{g} \overline{X}_i}{g} = \frac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + ... + \overline{X}_g}{g}$$

تمثل هذه القيمة الخط المركز للخريطة (CL)

٣ – **حساب حدود الضبط للمتوسط :**

الحد الأدنى للضبط : $LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2.\overline{R}$

الحد الأعلى للضبط : $UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2.\overline{R}$

نذكر هنا بأن :

(g) تمثل عدد العينات قيد الدراسة و(n) يمثل عدد الوحدات في كل عينة،

$\overline{R}$: هي متوسط قيم المدى لمجموع العينات.

(A_2) : معامل ثابت يتم اختياره من الجدول (٤-١) حسب حجم العينة.

٤ - **رسم خريطة المراقبة للمتوسط** مع حدود الضبط (UCL_X, LCL_X) والخط المركز (CL)

٥ - **دراسة الخريطة** وتحديد أسباب أي انحرافات قد نلاحظها فيها وهذا في ضوء القوانين التي قمنا بعرضها في الفقرة ٣ من هذا الفصل والخاصة بمراقبة العمليات.

٨-٢ مثال عن خرائط المراقبة للمدى والمتوسط

لتوضيح طريقة إنشاء خرائط المراقبة للمتوسط والمدى سوف نأخذ مثالا بسيطا لا يحتوي على بيانات كثيرة حتى يتسنى لنا متابعة طريقة عملها دون الإنشغال بكثرة الحسابات.

إحدى الشركات الصناعية تخطط لتصنيع كميات كبيرة من لولب القلاووظ من مادة خاصة تم طلبها من طرف أحد أهم عملائها. يعتبر قطر القلاووظ من أهم خصائص جودة هذا المنتج، وقصد التفتيش عن جودة المنتج تم اختيار ٥ عينات (تحتوي كل عينة على ٤ قطع) على فترات مختلفة وأجريت عمليات قياس دقيقة لأقطار القطع المسحوبة من العملية ورصدت النتائج على الجدول (٤-٢).

رقم العينة	نتائج قياس القطر لكل قطعة (mm)			
	X_1	X_2	X_3	X_4
1	50.14	50.22	50.09	50.27
2	50.21	50.41	50.24	50.20
3	50.18	50.26	50.35	50.23
4	50.08	50.34	50.24	50.15
5	50.41	50.56	50.34	50.47

الجدول ٤-٢ نتائج قياس العينات الخمس في الشركة الصناعية

أولا : عمل خريطة المراقبة للمدى:

- **حساب مدى العينات:** نقوم أولا بتحديد أكبر قيمة وأصغر قيمة في كل عينة ويحسب المدى لكل عينة :

$$R = X_L - X_s$$
$$R_1 = 50.27 - 50.09 = 0.18$$
$$R_2 = 50.41 - 50.20 = 0.21$$
$$R_3 = 50.35 - 50.18 = 0.17$$
$$R_4 = 50.34 - 50.08 = 0.26$$
$$R_5 = 50.56 - 50.34 = 0.22$$

و من ثم نقوم بإسقاط هذه البيانات كما هو موضح على الجدول (٤-٣):

رقم العينة	نتائج قياس القطر لكل قطعة (mm)				المدى R
	X1	X2	X3	X4	
1	50.14	50.22	50.09	50.27	0.18
2	50.21	50.41	50.24	50.20	0.21
3	50.18	50.26	50.35	50.23	0.17
4	50.08	50.34	50.24	50.15	0.26
5	50.41	50.56	50.34	50.47	0.22

الجدول ٤- ٣ نتائج حساب المدى للعينات

- **حساب متوسط مدى العينات:**

$$\overline{R} = \frac{\sum_{i=1}^{g} R_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^{5} R_i}{5} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$$

$$\overline{R} = \frac{0.18 + 0.21 + 0.17 + 0.26 + 0.22}{5} = 0.208$$

$$\overline{R} = 0.208mm$$

- **حساب حدود الضبط** علما بأن حجم العينات (n=4) ومن الجدول (٤-١) نستخلص المعاملات ($D_3=0$) و($D_4=2.282$):

الحد الأدنى للضبط :

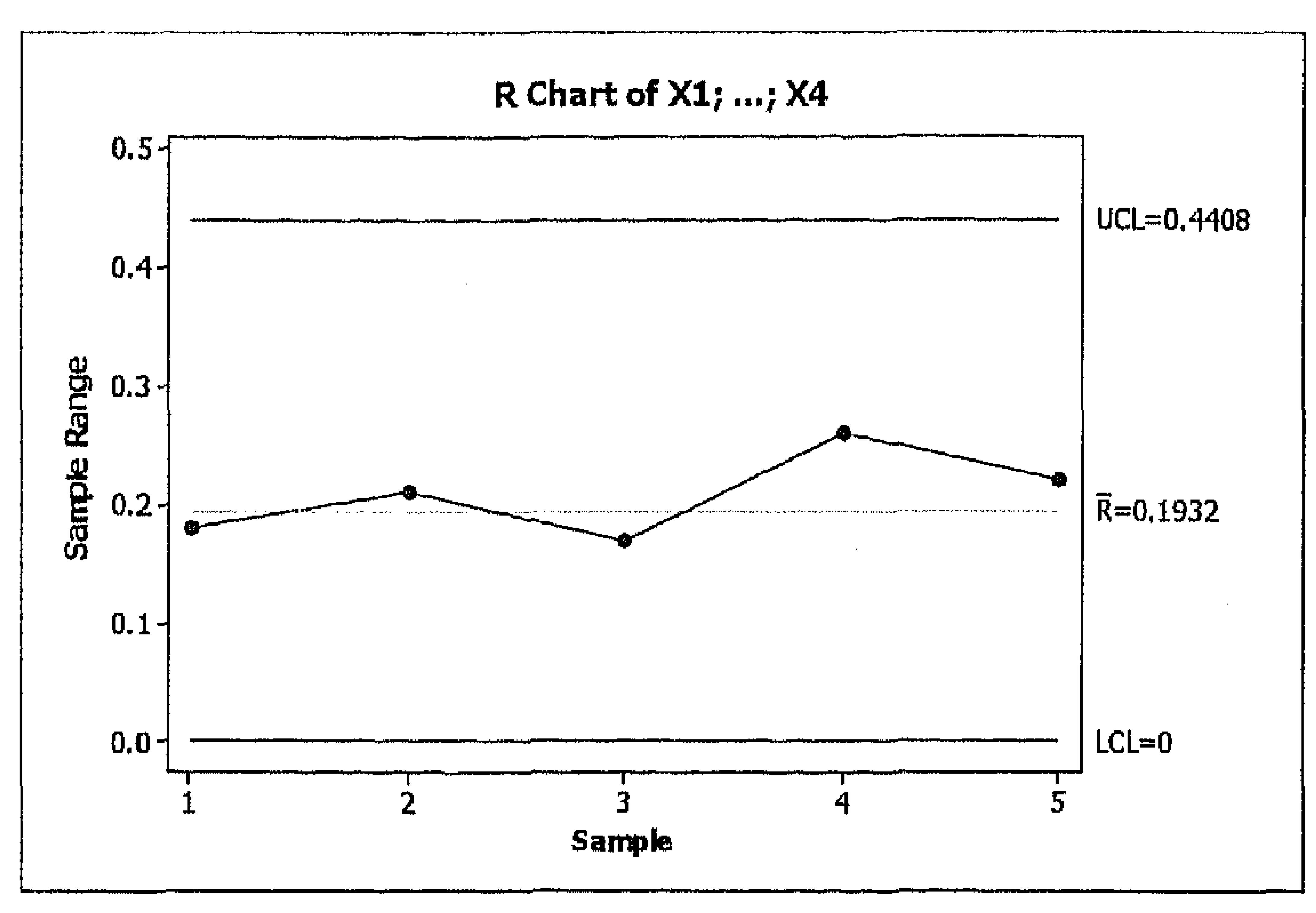
$$LCL_R = D_3.\overline{R} = 0 \times 0.208 = 0$$

الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_R = D_4.\overline{R}$$

$$UCL_R = 2.282 \times 0.208 = 0.4746$$

- **رسم خريطة المراقبة للمدى:** بعد أن تم حساب مدى كل عينة والقيمة المتوسطة للمدى ($\overline{R}$) وحدود الضبط للمدى (LCL_R و UCL_R) والخط المركز (CL) نقوم برسم الخريطة وهذا برسم قيم المدى R لكل عينة بدلالة رقم العينة كما هو موضح على الشكل (٤-٧).



الشكل ٤-٧ خريطة المراقبة للمدى

- **دراسة وتحليل الخريطة** : من خلال هذه خريطة المراقبة للمدى يمكن ملاحظة أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وهذا مؤشر على استقرار العملية الإنتاجية، ومنه نواصل مع عمل خريطة المراقبة للمتوسط.

ثانيا – عمل خريطة المراقبة للمتوسط : لعمل هذه الخريطة نقوم بما يلي:

حساب متوسط كل العينة، ولنبدأ بالعينة الأولى :

$$\overline{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4}$$

$$\overline{X}_1 = \frac{50.14 + 50.22 + 50.09 + 50.27}{4} = 50.18$$

وكذلك بالنسبة لبقية العينات :

$$\overline{X}_2 = \frac{50.21 + 50.41 + 50.24 + 50.20}{4} = 50.27$$

$$\overline{X}_3 = \frac{50.18 + 50.26 + 50.35 + 50.23}{4} = 50.26$$

$$\overline{X}_4 = \frac{50.08 + 50.34 + 50.24 + 50.15}{4} = 50.20$$

$$\overline{X}_5 = \frac{50.41 + 50.56 + 50.34 + 50.47}{4} = 50.45$$

ثم نقوم بتسجيل نتائج حسابات قيم متوسط العينات على الجدول (٤-٤).

رقم العينة	نتائج قياس القطر لكل قطعة (mm)				المدى R	المتوسط $\overline{X}$
	X_1	X_2	X_3	X_4		
1	50.14	50.22	50.09	50.27	0.18	50.18
2	50.21	50.41	50.24	50.20	0.21	50.27
3	50.18	50.26	50.35	50.23	0.17	50.26
4	50.08	50.34	50.24	50.15	0.26	50.20
5	50.41	50.56	50.34	50.47	0.22	50.45

الجدول ٤- ٤ نتائج حساب المدى والمتوسط لكل عينة

حساب متوسط المتوسطات :

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{g} \overline{X}_i}{g} = \frac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + \overline{X}_3 + \overline{X}_4 + \overline{X}_5}{5}$$

$$\overline{\overline{X}} = \frac{50.18 + 50.27 + 50.26 + 50.20 + 50.45}{5} = \frac{251.36}{5} = 50.27mm$$

حساب حدود الضبط للمتوسط : بما أن عدد الوحدات في كل عينة (n=4) ومن جدول المعاملات الثابتة (٤-١) فإن قيمة الثابت A_2=0.72 وقيمة ($\overline{R} = 0.208$) قد تم حسابها مع خريطة المدى:

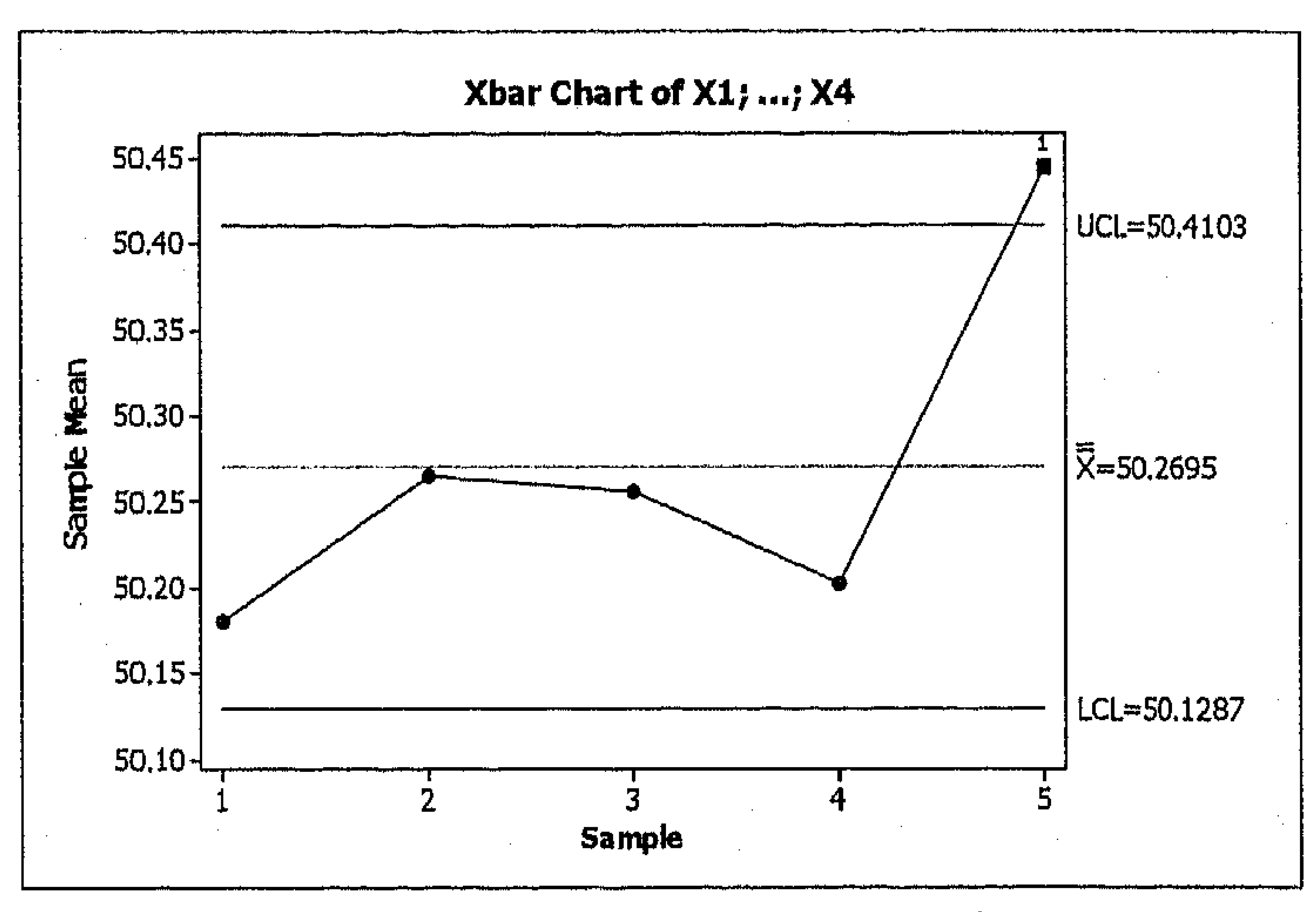
إذا الحد الأدنى للضبط :

$$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2.\overline{R} = 50.27 - (0.729 \times 0.208) = 50.12$$

والحد الأعلى للضبط :

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2.\overline{R} = 50.27 + (0.729 \times 0.208) = 50.41$$

رسم خريطة المراقبة للمتوسط : بعد أن تم حساب متوسط كل عينة والقيمة المتوسطة للمتوسطات ($\overline{\overline{X}}$) وحدود الضبط للمتوسط (UCL_X, LCL_X) نقوم برسم الخريطة وهي تمثل تغيرات قيم المتوسطات بدلالة رقم العينة كما هو موضح على الشكل (٤-٨).



الشكل ٤–٨ خريطة المراقبة للمتوسط

تحليل الخريطة : من خلال هذه الخريطة يتضح وجود النقطة الخاصة بالعينة رقم ٥ خارجة عن حدود الضبط وهذا دليل على وجود أسباب معينة (Assignable Causes) يجب البحث عنها وإزالتها من العملية، ومن أجل تحديد حدود المراقبة للعملية في المستقبل يجب التخلص من هذه النقطة وإعادة حساب حدود الضبط الجديدة.

٩ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج الميكروسفت إكسل والمينيتاب (Xbar-R Charts using Microsoft Excel and Minitab)

٩–١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج الميكروسفت إكسل

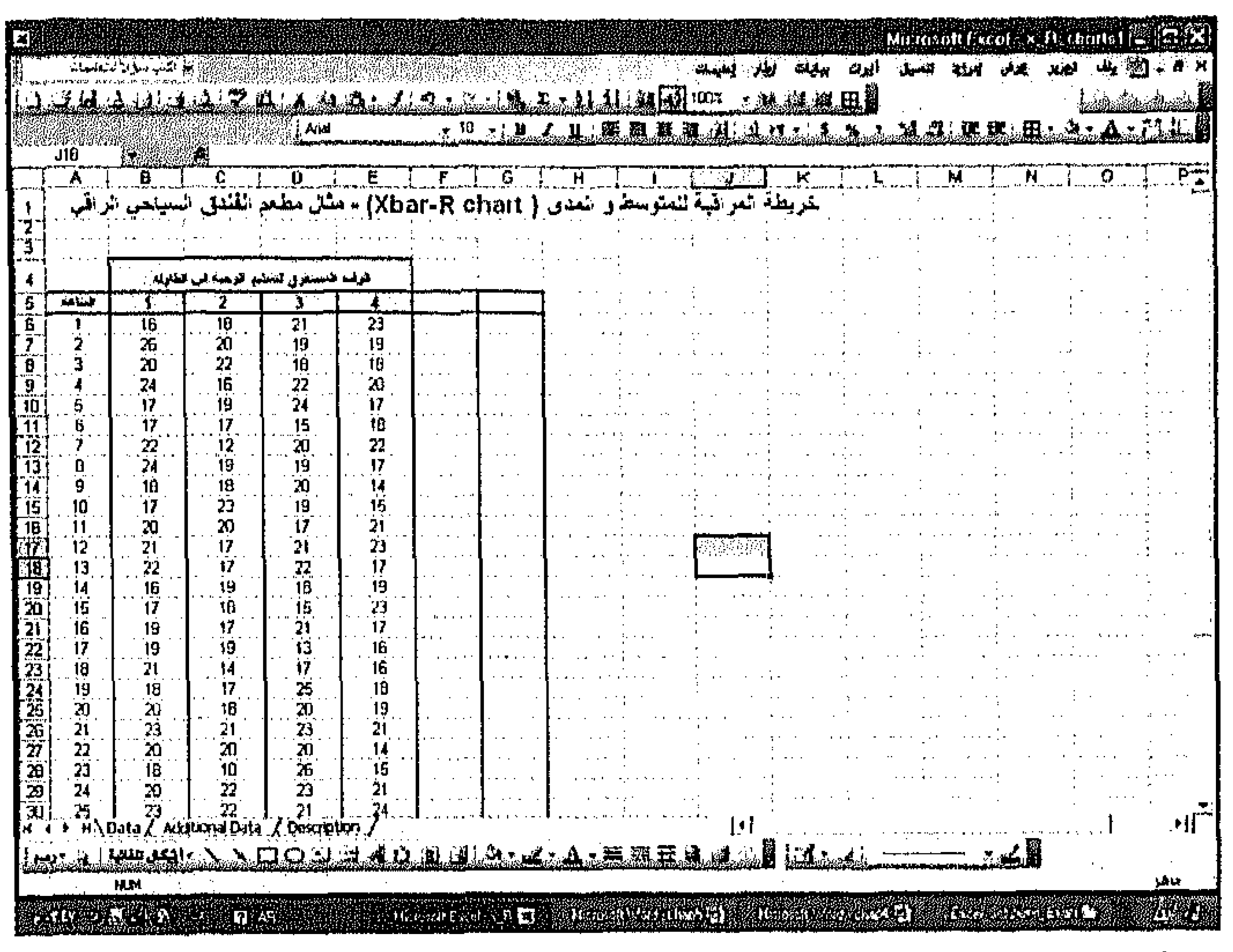
سوف نقوم في هذه الفقرة بعرض الطريقة العملية لعمل خريطة المراقبة للتوسط والمدى باستخدام برنامج الإكسل من خلال مثال يهدف إلى مراقبة جودة الخدمة في مطعم أحد الفنادق الراقية، حيث قام مدير المطعم بمراقبة الوقت المستغرق منذ جلوس الزبون على الطاولة إلى حين استلامه طلبه. ففي كل يوم ومع افتتاح المطعم وخلال

كل ساعة زمن يتم اختيار ٤ طاولات بطريقة عشوائية ويسجل الوقت المستغرق بين جلوس العميل وتلقيه وجبته كما هو موضح على الجدول (٤-٥). أخذت هذه البيانات لـ ٣٠ ساعة عمل خلال الأسبوع. من خلال عمل خرائط المراقبة (R- $\bar{X}$ Chart) عن طريق برنامج الميكروسوفت اكسل سوف نقوم بدراسة استقرار العملية الخدمية في المطعم.

أولا نبدأ بفتح ورقة عمل إكسل جديدة ونقوم بإدخال بيانات الجدول (٤-٥) بحيث نسجل أرقام الساعات في العمود A والأوقات المسجلة للطاولات الأربع في كل ساعة (عينة) في الأعمدة (E, D, C, B) كما هو موضح على الشكل (٤-٩). يستحسن هنا إضافة عنوان توضيحي للمثال في بداية الورقة وبعض العبارات التوضيحية للمثال.

الساعة	الوقت المستغرق لتسليم الوجبة في الطاولة (الدقيقة)			
	الطاولة ١	الطاولة ٢	الطاولة ٣	الطاولة ٤
1	16	18	21	23
2	26	20	19	19
3	20	22	18	18
4	24	16	22	20
5	17	19	24	17
6	17	17	15	18
7	22	12	20	22
8	24	19	19	17
9	18	18	20	14
10	17	23	19	15
11	20	20	17	21
12	21	17	21	23
13	22	17	22	17
14	16	19	18	19
15	17	18	15	23
16	19	17	21	17
17	19	19	13	16
18	21	14	17	16
19	18	17	25	18
20	20	18	20	19
21	23	21	23	21
22	20	20	20	14
23	18	18	26	15
24	20	22	23	21
25	23	22	21	24
26	22	14	21	19
27	18	20	18	22
28	19	20	16	14
29	21	19	16	20
30	22	22	18	21

الجدول ٤-٥ نتائج مراقبة عملية خدمية في مطعم



	A	B	C	D	E	F	G
1	(Xbar-R chart)						
5		1	2	3	4		
6	1	16	18	21	23		
7	2	26	20	19	19		
8	3	20	22	18	18		
9	4	24	16	22	20		
10	5	17	19	24	17		
11	6	17	17	15	18		
12	7	22	12	20	22		
13	8	24	19	19	17		
14	9	18	18	20	14		
15	10	17	23	19	15		
16	11	20	20	17	21		
17	12	21	17	21	23		
18	13	22	17	22	17		
19	14	16	19	18	19		
20	15	17	18	15	23		
21	16	19	17	21	17		
22	17	19	19	13	16		
23	18	21	14	17	16		
24	19	18	17	25	18		
25	20	20	18	20	19		
26	21	23	21	23	21		
27	22	20	20	20	14		
28	23	18	10	26	15		
29	24	20	22	23	21		
30	25	23	22	21	24		

الشكل ٤-٩ إدخال بيانات المثال في ورقة الميكروسفت أكسل

نقوم الآن بحساب المدى R لجميع العينات باستعمال شريط الصيغ الحسابية (fx) وسوف نضع النتيجة في العمود (F) . لحساب مدى العينة ١ نضغط بالفأرة على الخلية (F6) وثم نضغط في خانة شريط الصيغ الحسابية ونكتب = ونختار الدالة (MAX(B6:E6)-MIN(B6:E6)) حينها تظهر النتيجة قيمة ٧. لحساب المدى لبقية العينات نقوم بتطبيق نفس الصيغة الحسابية على بقية الخلايا وهذا بسحب الفأرة مضغوطة من الخلية (F7) إلى الخلية (F35).

نحسب الآن القيم المتوسطة لجميع العينات وسوف نضع النتيجة في خلايا العمود (G). نضغط في الخلية (G6) ثم نضغط على شريط الصيغ الحسابية ونكتب"=" ونختار الدالة (AVERAGE) التي تمثل القيمة المتوسطة لمجموعة بيانات التي نقوم بتحديد مجالها بالضغط على الفأرة. هنا لدينا المجال (B6:E6). ومن ثم نضغط موافق أو (Enter) (الشكل (٤-١٠)). بعد ذلك نقوم بتطبيق نفس الصيغة الحسابية على الخلايا (G7) إلى (G35)، ونحصل على النتائج المسجلة في الجدول (٤-٦).

الشكل ٤–١٠ حساب متوسط العينات

لحساب حدود الضبط لكل من المدى والمتوسط نقوم أولا بحساب قيمة متوسط مدى العينات وهذا باستعمال الصيغة الحسابية K12 = AVERAGE(F6:F35) ونحصل على النتيجة (0.73). وكذلك نحسب قيمة متوسط المتوسطات حسب الصيغة الحسابية K15 = AVERAGE(G6:G35) التي تعطينا نتيجة 19.29 .

نحسب حدود الضبط لخريطة المدى بحيث نضع قيمة الحد الأعلى للضبط في الخلية K19 ونستعمل الصيغة : 2.282*K12 = ونحصل على قيمة الحد الأعلى (UCL_R=13.08). وكذلك نحسب قيمة الحد الأدنى للضبط في الخلية K21 ونستعمل الصيغة : 0*K12 = نحصل على قيمة الحد الأعلى (LCL_R=0).

نحسب الآن حدود الضبط لخريطة المتوسط بحيث نضع قيمة الحد الأعلى في الخلية K25 ونستعمل الصيغة الحسابية : K15+0.729*K12 = وتكون النتيجة (UCL_X=23.42). وبالمثل نحسب الحد الأدنى في الخلية K25 حسب الصيغة الحسابية : K15+0.729*K12 = ونحصل على نتيجة (LCL_X=15.06).

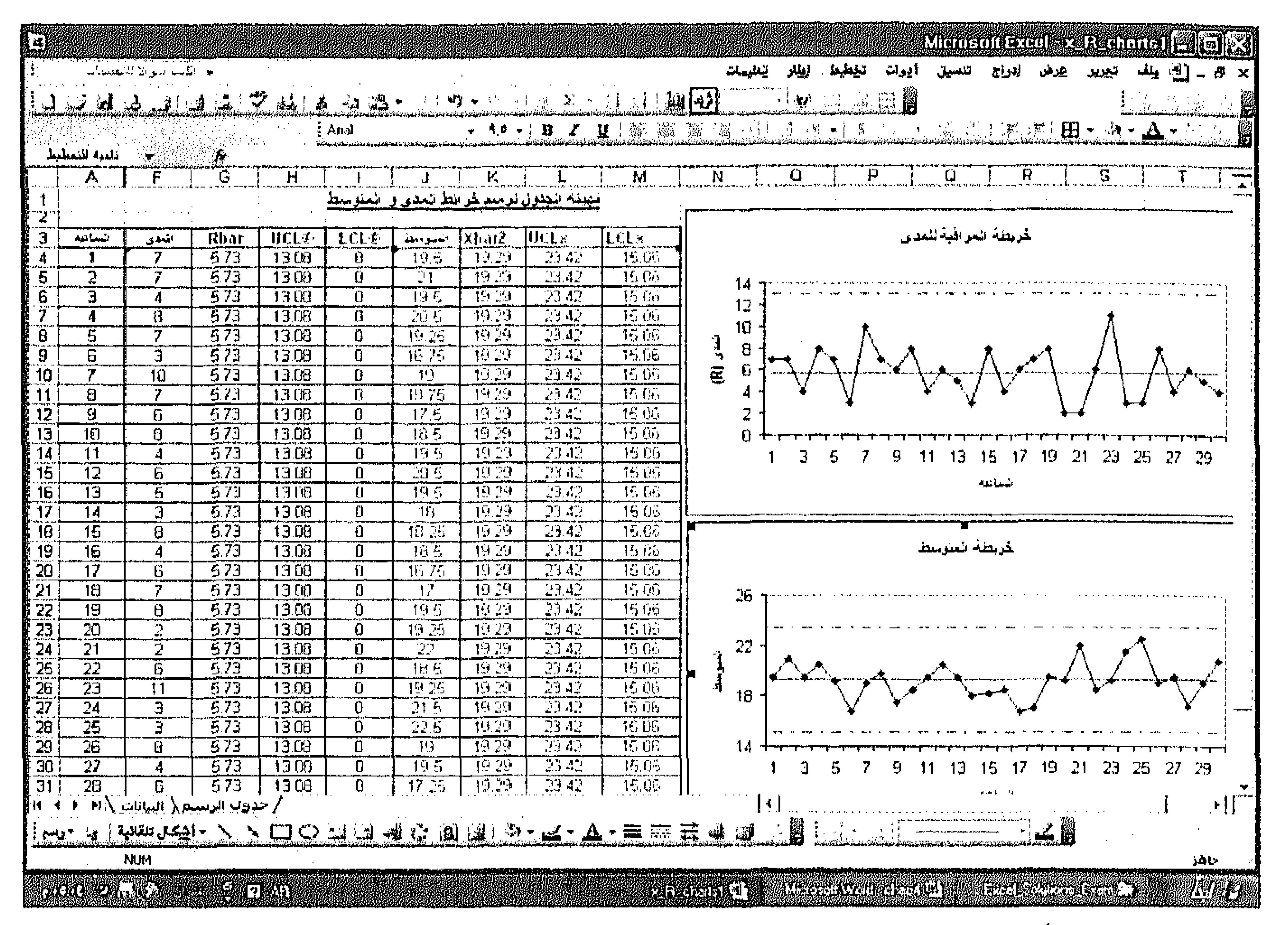
بعد أن قمنا بإجراء جميع الحسابات الضرورية لرسم خرائط المراقبة للمدى والمتوسط، نقوم بتهيئة جدول آخر في ورقة ثانية في نفس المستند ونضع فيها البيانات الخاصة برقم العينة، قيم المدى، قيمة متوسط مدى العينات، حدود الضبط للمدى، قيم المتوسط لكل العينات، متوسط المتوسطات وحدود الضبط للمتوسط. كل قيمة في عمود ولكل العينات الثلاثين.

الساعة	المدى	المتوسط	الساعة	المدى	المتوسط
1	7	19.50	16	4	18.50
2	7	21.00	17	6	16.75
3	4	19.50	18	7	17.00
4	8	20.50	19	8	19.50
5	7	19.25	20	2	19.25
6	3	16.75	21	2	22.00
7	10	19.00	22	6	18.50
8	7	19.75	23	11	19.25
9	6	17.50	24	3	21.50
10	8	18.50	25	3	22.50
11	4	19.50	26	8	19.00
12	6	20.50	27	4	19.50
13	5	19.50	28	6	17.25
14	3	18.00	29	5	19.00
15	8	18.25	30	4	20.75

الجدول ٤-٦ قيم المدى ومتوسط كل العينات

سوف نستعمل هذا الجدول لرسم خريطتي المراقبة للمدى والمتوسط باستعمال معالج المخططات الموجود مع البرنامج. هذه الخطوة موضحة من خلال الشكل (٤-١١) والتي نحصل بعدها على خرائط المراقبة الموضحة في الشكل (٤-١٢).

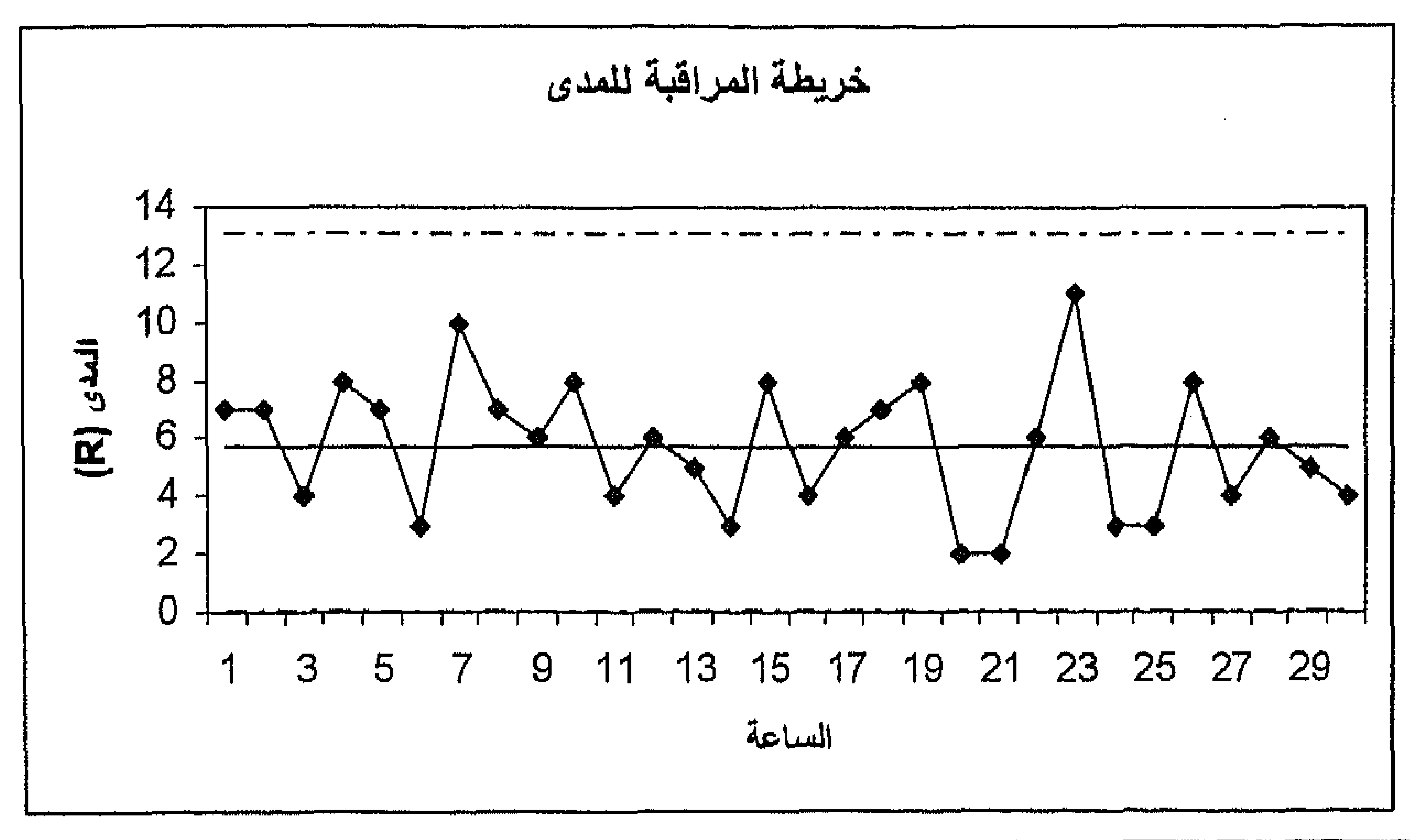
من خلال تحليل الخريطتين يتبين أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط في الخريطتين وبالتالي فإن العملية الخدمية في المطعم تعتبر تحت الضبط الإحصائي.

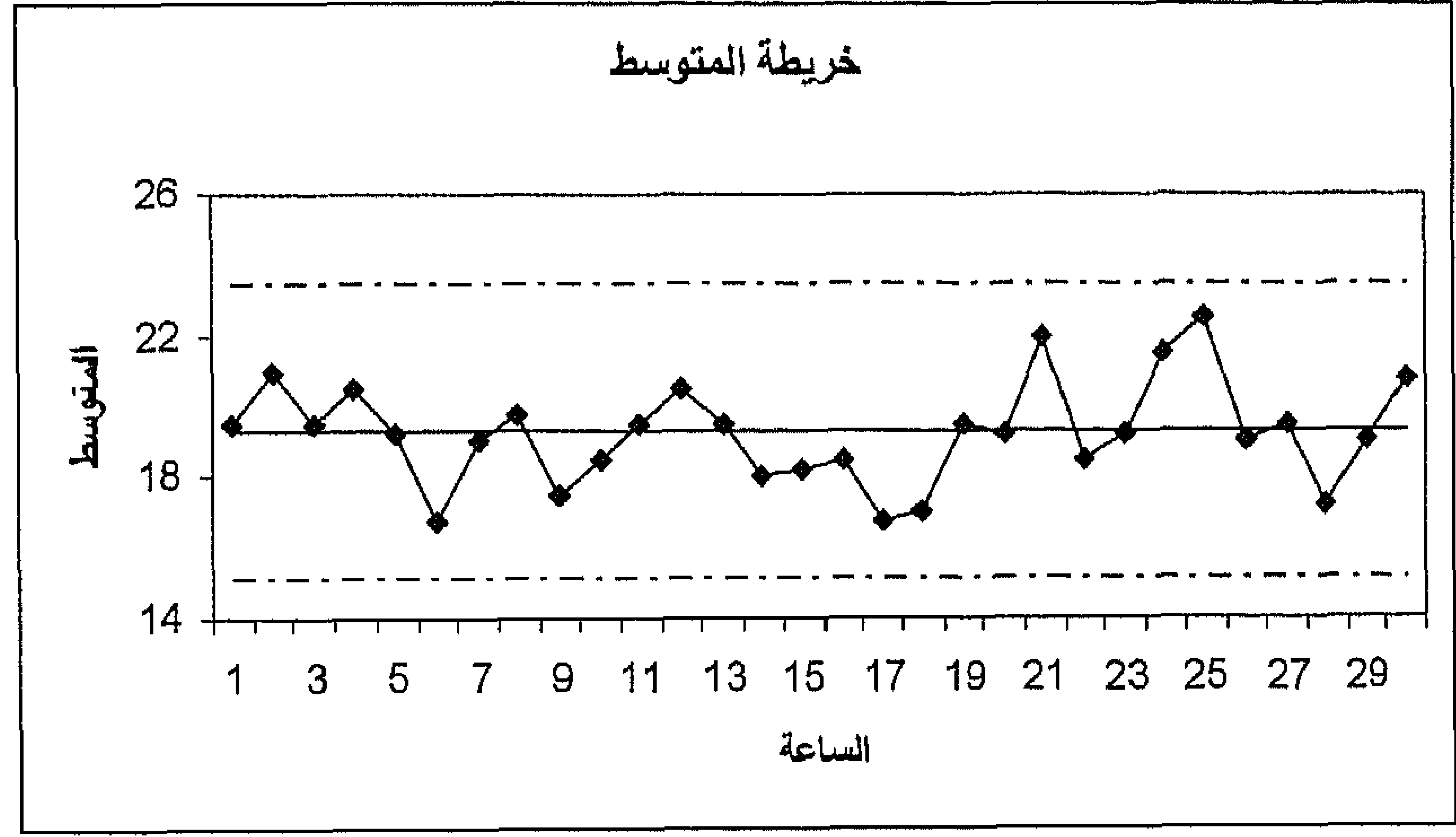


تهيئة الجدول لرسم خرائط المدى و المتوسط

الساعة	المدى	Rbar	UCLR	LCLR	المتوسط	Xbar2	UCLx	LCLx
1	7	5.73	13.08	0	19.5	19.29	23.42	15.06
2	7	5.73	13.08	0	21	19.29	23.42	15.06
3	4	5.73	13.08	0	19.5	19.29	23.42	15.06
4	8	5.73	13.08	0	20.5	19.29	23.42	15.06
5	7	5.73	13.08	0	19.25	19.29	23.42	15.06
6	3	5.73	13.08	0	16.75	19.29	23.42	15.06
7	10	5.73	13.08	0	19	19.29	23.42	15.06
8	7	5.73	13.08	0	19.75	19.29	23.42	15.06
9	6	5.73	13.08	0	17.5	19.29	23.42	15.06
10	8	5.73	13.08	0	18.5	19.29	23.42	15.06
11	4	5.73	13.08	0	19.5	19.29	23.42	15.06
12	6	5.73	13.08	0	20.5	19.29	23.42	15.06
13	5	5.73	13.08	0	19.5	19.29	23.42	15.06
14	3	5.73	13.08	0	18	19.29	23.42	15.06
15	8	5.73	13.08	0	18.25	19.29	23.42	15.06
16	4	5.73	13.08	0	18.5	19.29	23.42	15.06
17	6	5.73	13.08	0	16.75	19.29	23.42	15.06
18	7	5.73	13.08	0	17	19.29	23.42	15.06
19	8	5.73	13.08	0	19.5	19.29	23.42	15.06
20	2	5.73	13.08	0	19.25	19.29	23.42	15.06
21	2	5.73	13.08	0	22	19.29	23.42	15.06
22	6	5.73	13.08	0	18.5	19.29	23.42	15.06
23	11	5.73	13.08	0	19.25	19.29	23.42	15.06
24	3	5.73	13.08	0	21.5	19.29	23.42	15.06
25	3	5.73	13.08	0	22.5	19.29	23.42	15.06
26	8	5.73	13.08	0	19	19.29	23.42	15.06
27	4	5.73	13.08	0	19.5	19.29	23.42	15.06
28	6	5.73	13.08	0	17.25	19.29	23.42	15.06

الشكل ٤-١١ تهيئة جدول رسم الخرائط على ورقة اكسل





الشكل ٤-١٢ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى للخدمة في مطعم الفندق

٩-٢ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج المينيتاب

لمراقبة الإنتاج في مصنع الخرسانة الجاهزة قام مدير الجودة بفحص عينات من المنتج خلال شهر بحيث تسحب ثلاث عينات كل يوم وتقاس مقاومة الخرسانة للضغط (Compressive strength MPa) وتم تسجيل البيانات على الجدول (٤-٧).

Day	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Day	Sample 1	Sample 2	Sample 3
1	36.1	38.5	34.9	16	33.3	35.9	29.4
2	29.4	31.4	31.0	17	32.8	30.6	31.0
3	49.6	42.8	39.1	18	36.8	35.2	35.8
4	36.5	35.9	35.0	19	37.0	33.8	34.7
5	40.6	44.4	41.7	20	36.9	38.9	32.9
6	37.5	38.8	38.0	21	34.0	34.0	34.0
7	29.0	31.0	28.3	22	37.5	39.0	38.7
8	33.9	34.0	33.9	23	41.8	39.4	39.6
9	32.4	31.8	34.5	24	39.8	38.1	35.2
10	34.3	31.7	34.7	25	40.6	40.6	40.6
11	32.8	32.8	32.8	26	37.5	33.7	35.0
12	26.8	30.5	28.9	27	39.2	42.8	43.5
13	40.7	37.4	38.2	28	33.8	36.4	34.2
14	39.2	39.0	43.0	29	38.5	40.4	39.0
15	35.5	36.6	37.3	30	41.8	34.0	43.5

الجدول ٤-٧ نتائج مقاومة الضغط للخرسانة الجاهزة في مصنع الإنتاج لدى أحد الموردين لمشاريع الجامعة (Aichouni, 2012)

من خلال برنامج المينيتاب نقوم بمساعدة مدير الجودة في المصنع في تحليل العملية لمعرفة مدى إستقرار العملية الإنتاجية (Process stability) وهذا تهيئة لدراسة مدى مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيق مواصفات التصميم ومواصفات العملاء. إذن سنقوم بعمل خرائط المراقبة للقيمة المتوسطة والمدى لهذه العملية الإنتاجية لدراسة إستقرار العملية وإستكشاف فرص التحسين فيها. نلاحظ هنا أن خاصية الجودة التي نقوم بدراستها والمتمثلة في مقاومة الخرسانة للضغط تعتبر من المتغيرات (Variables) كونها من الخصائص المقاسة.

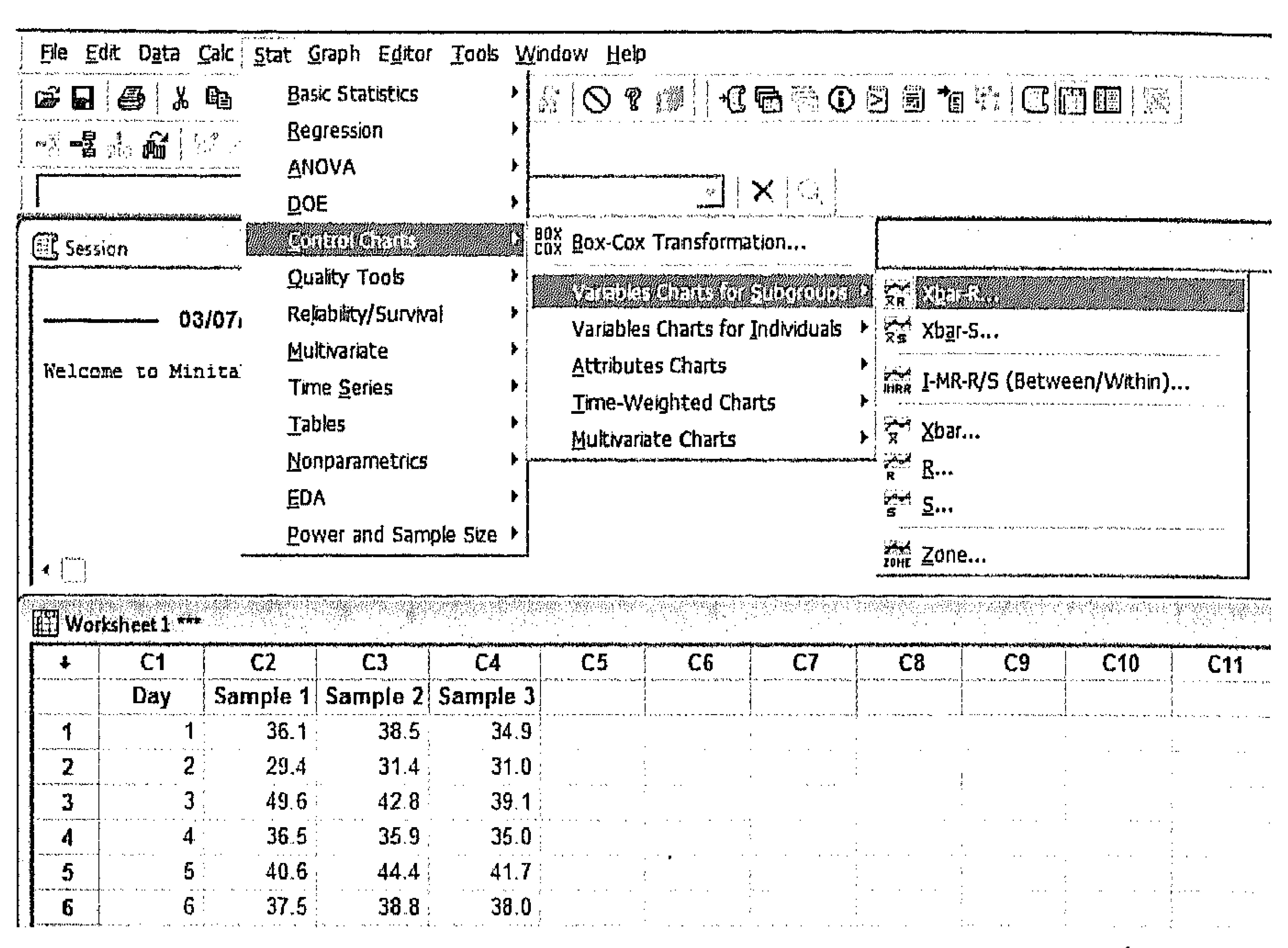
نقوم بإدخال البيانات في برنامج المينيتاب كما هو موضح على الشكل (٤-١٣).

Worksheet 1 ***

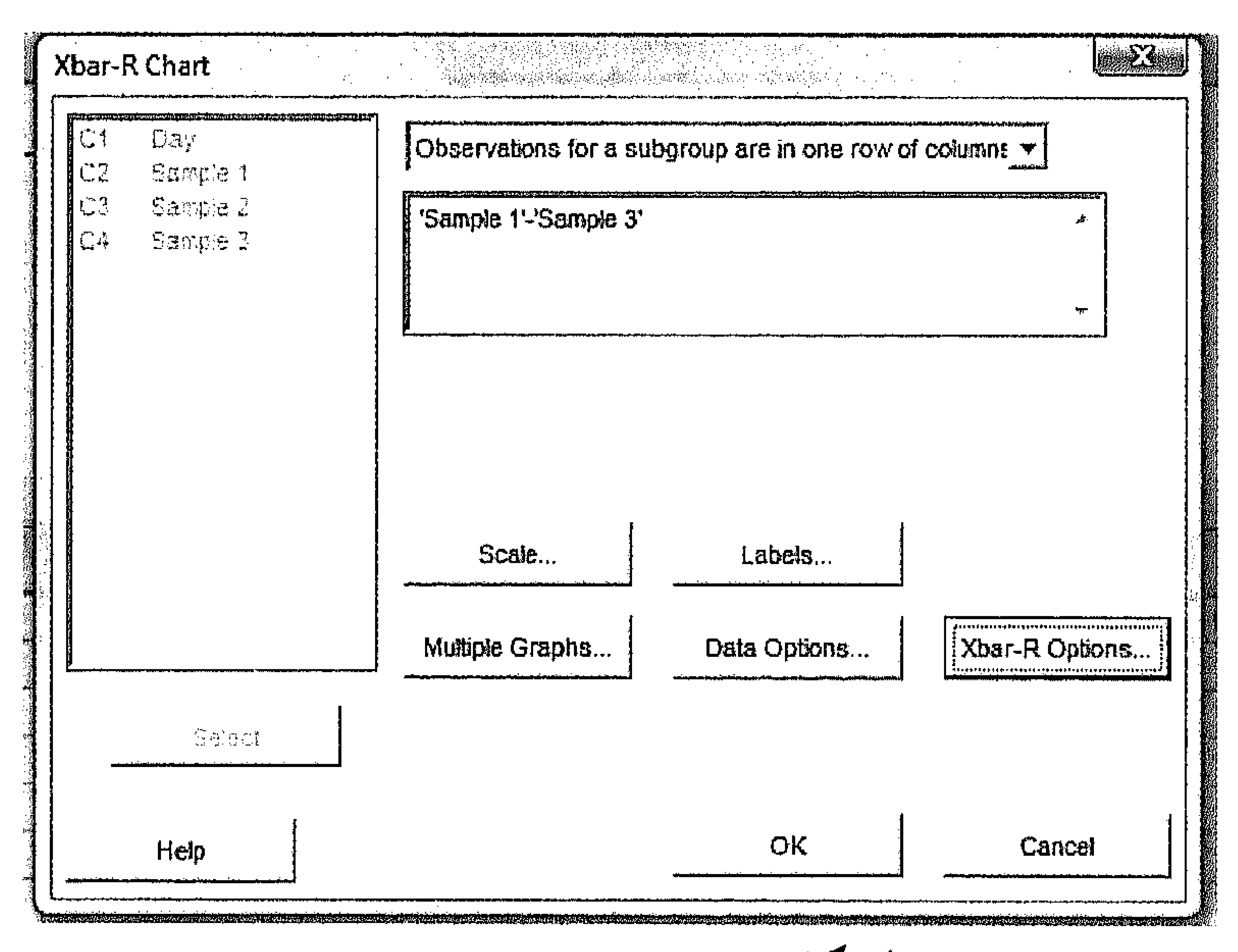
↓	C1	C2	C3	C4	C5
	Day	Sample 1	Sample 2	Sample 3	
1	1	36.1	38.5	34.9	
2	2	29.4	31.4	31.0	
3	3	49.6	42.8	39.1	
4	4	36.5	35.9	35.0	
5	5	40.6	44.4	41.7	
6	6	37.5	38.8	38.0	
7	7	29.0	31.0	28.3	
8	8	33.9	34.0	33.9	
9	9	32.4	31.8	34.5	

الشكل ٤-١٣ إدخال بيانات المثال في ورقة عمل الميني‌تاب

من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Variables Charts for Subgroups) وبعدها (Xbar-R...) (الشكل ٤-١٤). بعدها تفتح نافذة حوار (Xbar-R Chart) حينها نقوم بإختيار (observations for a subgroup are in one row of columns) كون بيانات العينات لكل يوم موجودة في سطر، ومن ثم البيانات ('sample1'-'sample3') كما هو موضح على الشكل (٤-١٥) ثم نختار (OK).

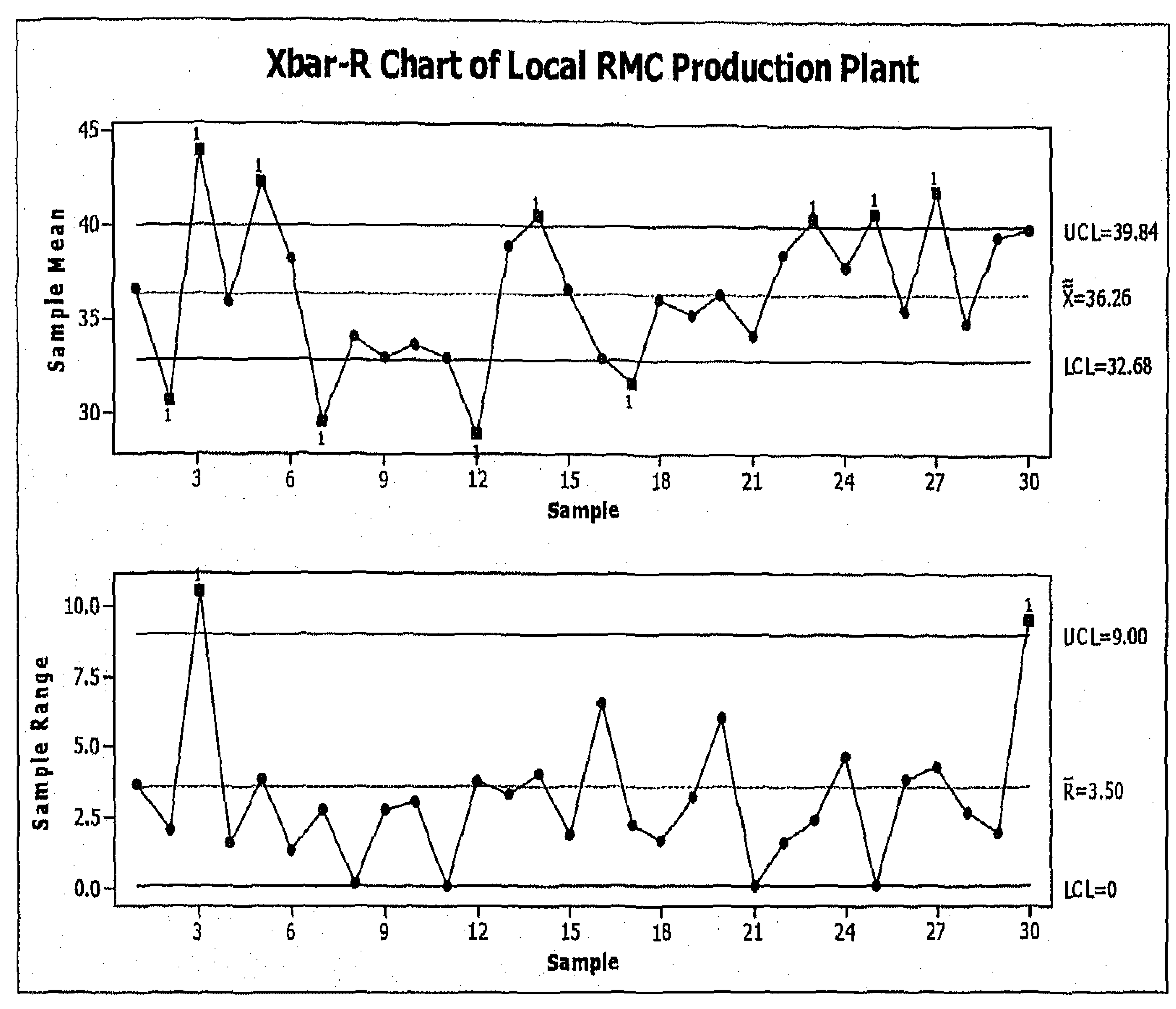


الشكل ٤–١٤ إختيار خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على المينيتاب



الشكل ٤–١٥ إختيار البيانات

نحصل على الخريطتين الموضحة على الشكل (٤-١٦) والتي تظهر أن العملية الإنتاجية في المصنع غير مستقرة وتقع تحت تأثير أسباب خاصة يجب البحث عنها وإزالتها من العملية.



الشكل ٤-١٦ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى للخرسانة الجاهزة

تحليل الخرائط: كنا قد عرضنا في الفصل الثاني المثال من خلال عرض التوزيع التكراري للعملية الإنتاجية (الشكل ٢-١٨) والذي يبين أن توزيع العملية فيه الكثير من التشتت على الرغم من أنه مطابق لمواصفات التصميم (T=21MPa) حيث نلاحظ أن جل الإنتاج يتعدى المواصفة المطلوبة بنسب عالية جدا (المتوسط ٣٦.٢٦ والإنحراف المعياري = ٤.١٠٩). هنا يتأكد لنا ما وصلنا إليه من وجود تغيرات

وإختلافات كبيرة في الخرسانة تعود إلى وجود أسباب خاصة تؤثر في العملية وتجعلها غير مستقرة إحصائيا وغير متحكم فيها. حسب تحليل إيشيكاوا وعمل مخطط السبب والنتيجة لمشكل وجود الاختلافات الكبيرة في خصائص الخرسانة والموضح على الشكل (٢-٢١) إتضح لنا أن هناك مجموعة من الأسباب الكامنة ضمن العملية والتي تلعب دورا رئيسيا في إحداث التغيرات في الخرسانة ولعل منها سوء تدريب العمال، وعدم معايرة أجهزة القياس والوزن المستعملة في إنتاج الخرسانة، بالإضافة إلى بعض الأسباب ذات العلاقة بعملية تصميم خلطة الخرسانة. ومن هذا التحليل فإننا ننصح إدارة المصنع بالعمل على توفير برامج تدريب (Training programs) للعمال لتزويدهم بالمهارات الضرورية في مجال عملهم وكذلك مهارات الجودة والتحسين المستمر للعمليات بالإضافة إلى عمل برامج صيانة دورية للأجهزة والمعدات ومعايرة وفحص أجهزة القياس (Calibration).

١٠ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ($\overline{X}-s$ Charts)

على الرغم من أن خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ($\overline{X}-R$ Charts) هي الأكثر استعمالا لمراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية إلا أن الكثير من المؤسسات تستعمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري (s-Chart) لمراقبة مقدار التشتت في خصائص الجودة مقترنة مع خريطة المراقبة للمتوسط لمراقبة تغيرات القيمة المتوسطة في العملية. وتعتبر خريطة المراقبة للانحراف المعياري أكثر دقة من خريطة المراقبة للمدى وهذا لأن قيمة الانحراف المعياري التي تحسب بأخذ جميع البيانات هي أكثر دقة من المدى الذي يحسب من قيمتين (أكبر قيمة (X_L) وأصغر قيمة (X_S)) كمقياس للتشتت. تستعمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري مع خريطة المتوسط بصفة خاصة إذا كان حجم العينات كبيرا (١٠ وحدات فما فوق) وتسمى بخريطة المتوسط

والانحراف المعياري ($\overline{X}-s-charts$) (Besterfield, 1998, p. 130) (اسماعيل، ٢٠٠٦، ص ٢٠٤)).

١٠-١ خطوات عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري

تبنى خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري على نفس المبادئ التي استعملناها في بناء خرائط المراقبة للمتوسط والمدى، أي أننا نتبع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى – سحب العينات وإجراء عمليات القياس : نقوم بسحب عدد g من العينات المتتالية بحيث تكون هذا العدد يساوي أو أكبر من ٢٠، وتحتوي كل عينة على مجموعة $n \leq 10$ من وحدات المنتج. عادة ما نأخذ ٣، ٤ أو ٥ وحدات في كل عينة ويجب أن يكون هذا العدد ثابتا في جميع العينات، ونقوم بإجراء عمليات القياس على خاصية الجودة المراد مراقبتها.

الخطوة الثانية – عمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري (s Chart) : وهذا بإتباع الخطوات العملية التالية:

١. نقوم **بحساب القيمة المتوسطة** $\overline{X}$ **والانحراف المعياري s** لكل عينة من خلال المعادلات التالية:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}$$

٢. **حساب القيمة المتوسطة لقيم الانحراف المعياري للعينات:**

$$\overline{s} = \frac{\sum_{i=1}^{g} s_i}{g} = \frac{s_1 + s_2 + ... + s_g}{g}$$

٣. **حساب حدود الضبط للانحراف المعياري :**

الحد الأدنى للانحراف المعياري : $LCL_s = B_3.\bar{s}$

الحد الأعلى للانحراف المعياري : $UCL_s = B_4.\bar{s}$

(B_3 و B_4) : معاملات ثابتة يتم اختيارها من الجدول (A-2) في الملحقات وهذا حسب حجم العينة.

٤. **رسم خريطة الانحراف المعياري** مع حدود الضبط والخط المركز الممثل بقيمة ($\bar{s}$).

٥. يميل بعض العلماء في هذه المرحلة إلى **تحليل خريطة الانحراف المعياري** بحيث إذا دلت هذه الخريطة على استقرار العملية فسنواصل مع عمل خريطة المراقبة للمتوسط ($\bar{X}$ chart) في حين لا يرى البعض الآخر ذلك ضروريا.

الخطوة الثالثة : عمل خريطة المراقبة للمتوسط ($\bar{X}-chart$) وهذا باتباع الخطوات العملية التالية:

١. من قيم متوسط العينات التي قمنا بحسابها في الأول **نقوم بحساب القيمة المتوسطة** لهذه القيم حسب العلاقة:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{g} \bar{X}_i}{g} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + ... + \bar{X}_g}{g}$$

أين تمثل ($\bar{X}_i$) القيمة المتوسطة في كل عينة.

٢. **حساب حدود الضبط للمتوسط** (يلاحظ هنا أن هذه الحدود تكون مغايرة نوعا ما عن الحدود التي حسبت لخريطة المتوسط والمدى إذ تحسب هذه الحدود هنا بدلالة القيمة المتوسطة للانحرافات المعيارية) حسب المعادلات التالية :

الحد الأدنى للضبط للمتوسط : $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3.\bar{s}$

الحد الأعلى للضبط للمتوسط : $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3.\bar{s}$

(A_3) : معامل ثابت يتم اختياره من الجدول (A-2) المشار إليه آنفا.

٣. رسم خريطة المراقبة للمتوسط مع حدود الضبط والخط المركز.

٤. **دراسة الخريطة** وتحديد أسباب أي انحرافات قد نلاحظها فيها وهذا في ضوء القوانين التي قمنا بعرضها في الفقرة ٣ من هذا الفصل والخاصة بمراقبة العمليات.

١٠-٢ مثال عن خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري

فرضا أننا نود مراقبة عملية إنتاجية وبعد سحب ١٠ عينات من المنتج على فترات مختلفة أجرينا عملية قياس خاصية الجودة وتحصلنا على النتائج المدونة في الجدول (٤-٨).

العينة	الملاحظات (نتائج القياسات)			
1	46.12	49.43	53.35	53.38
2	50.49	52.57	48.69	53.18
3	54.46	48.99	51.94	44.55
4	44.34	50.62	48.68	48.63
5	52.08	48.53	48.57	46.23
6	51.62	49.94	52.70	51.19
7	48.63	50.76	50.40	48.97
8	50.94	48.62	50.29	49.13
9	49.40	48.87	48.57	50.60
10	50.64	47.97	48.58	48.46

جدول ٤-٨ نتائج قياسات خاصية الجودة للمنتج في العملية الإنتاجية

سوف نقوم في هذا المثال بعمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري (Charts $\bar{X}-s$) لمراقبة التغيرات الواقعة في العملية الإنتاجية وتحديد فيما إذا كانت العملية تقع تحت الضبط الإحصائي أم لا.

من خلال جدول البيانات يتضح أن لدينا ١٠ عينات وكل عينة تحتوي على ٤ وحدات من المنتج. يجب أن تلاحظ هنا عزيزي القارئ أن عدد العينات يعتبر قليلا

لعمل خرائط المراقبة للمتغيرات في المجالات الإنتاجية والخدمية إذ أن المتعارف عليه هو ٢٠ عينة فما فوق، وإنما أخذنا هذا العدد على سبيل تبسيط طريقة عرض التقنية.

القاعدة العامة هي أنه يجب أن نبدأ **أولا بعمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري** (s chart) حسب الخطوات التالية:

١. **نقوم بحساب القيمة المتوسطة** $\overline{X}$ **لكل عينة** من خلال المعادلة التالية:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$

مثلا بالنسبة للعينة ١:

$$\overline{X}_1 = \frac{46.12 + 49.43 + 53.35 + 53.38}{4} = 50.57$$

و بنفس الطريقة نكمل حساب المتوسطات لبقية العينات وندون النتائج على الجدول (٤-٨).

ثم نحسب الانحراف المعياري لكل العينات :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}$$

فبالنسبة للعينة ١ نحسب الانحراف المعياري كما يلي:

$$s_1 = \sqrt{\frac{1}{4-1}(46.12-50.57)^2 + (49.43-50.57)^2 + (53.35-50.57)^2 + (53.38-50.57)^2}$$

$$s_1 = 3.50$$

وبنفس الطريقة نكمل حساب الانحراف المعياري لبقية العينات ونسجل النتائج على الجدول (٤-٩).

٢. نحسب بعد ذلك **القيمة المتوسطة لقيم الانحراف المعياري** للعينات:

$$\overline{s} = \frac{\sum_{i=1}^{g} s_i}{g} = \frac{s_1 + s_2 + ... + s_g}{g}$$

$$\bar{s} = \frac{3.50 + 2.05 + 4.26 + 2.65 + 2.41 + 1.14 + 1.04 + 1.06 + 0.89 + 1.18}{10}$$

$$\bar{s} = 2.02$$

العينة	الملاحظات (نتائج القياسات)				المتوسط $\bar{X}$	الانحراف المعياري s
1	46.12	49.43	53.35	53.38	50.57	3.50
2	50.49	52.57	48.69	53.18	51.23	2.05
3	54.46	48.99	51.94	44.55	49.99	4.26
4	44.34	50.62	48.68	48.63	48.07	2.65
5	52.08	48.53	48.57	46.23	48.85	2.41
6	51.62	49.94	52.70	51.19	51.36	1.14
7	48.63	50.76	50.40	48.97	49.69	1.04
8	50.94	48.62	50.29	49.13	49.74	1.06
9	49.40	48.87	48.57	50.60	49.36	0.89
10	50.64	47.97	48.58	48.46	48.91	1.18

الجدول ٤-٩ نتائج حساب المتوسط والانحراف المعياري لكل العينات

٣. نقوم الآن بحساب **حدود الضبط للانحراف المعياري** :

من الجدول (A-2) نقوم باختيار المعاملات الثابتة (B_3 وB_4) بحيث لدينا (n=4)

ومنه فإن : $B_3=0$ $B_4=2.266$

الحد الأدنى للضبط للانحراف المعياري :

$$LCL_s = B_3.\bar{s}$$
$$LCL_s = 0 \times 2.02 = 0$$

الحد الأعلى للضبط للانحراف المعياري :

$$UCL_s = B_4.\bar{s}$$
$$UCL_s = 2.266 \times 2.02 = 4.575$$

بهذا نكون قد أتممنا تهيئة خريطة المراقبة للانحراف المعياري وبعد هذا فسنواصل مع **عمل خريطة المراقبة للمتوسط** ($\bar{X}$ chart) وهذا بإتباع الخطوات التالية:

١. من قيم **متوسط العينات** التي قمنا بحسابها في الأول نقوم **بحساب القيمة المتوسطة لهذه القيم** حسب العلاقة:

$$\bar{\bar{X}}=\frac{\sum_{i=1}^{g}\bar{X}_i}{g}=\frac{\bar{X}_1+\bar{X}_2+....+\bar{X}_g}{g}$$

$$\bar{\bar{X}}=\frac{50.57+51.23+49.99+48.07+48.85+51.36+49.69+49.74+49.36+48.91}{10}$$

$$\bar{\bar{X}}=49.78$$

٢. نقوم بعد ذلك **بحساب حدود الضبط للمتوسط** كما يلي :

من الجدول (A-2) نقوم باختيار المعامل الثابت $A_3=1.628$ المناسب لحجم العينة n=4

الحد الأدنى للضبط للمتوسط :

$$LCL_{\bar{X}}=\bar{\bar{X}}-A_3.\bar{s}$$

$$LCL_{\bar{X}}=49.78-(1.628\times 2.02)=46.491$$

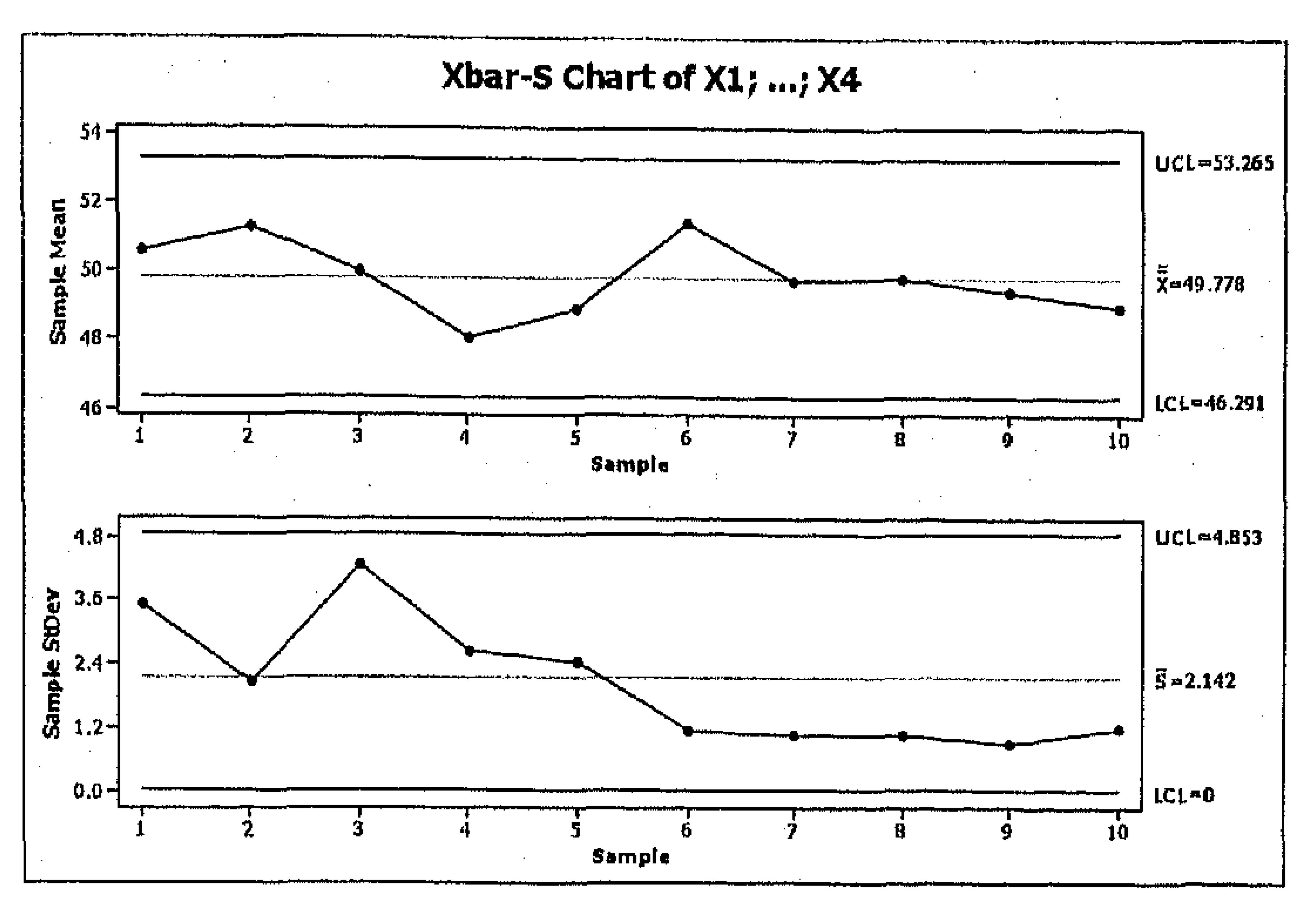
الحد الأعلى للضبط للمتوسط :

$$UCL_{\bar{X}}=\bar{\bar{X}}+A_3.\bar{s}$$

$$UCL_{\bar{X}}=49.78+(1.628\times 2.02)=53.065$$

٣. نقوم الآن **برسم الخريطتين** مع بعض لمراقبة كل من الانحراف المعياري والمتوسط حسب ما هو موضح على الشكل (٤-١٧).

٤. **دراسة وتحليل الخرائط** : من الشكل (٤-١٧) يتضح أن جميع النقاط تقع في داخل حدود الضبط في كلا الخريطتين إلا أن خريطة المراقبة للانحراف المعياري تظهر حالة التعاقب لـ ٥ نقاط أسفل الخط المركز وهذا مؤشر على وجود أسباب خاصة تؤثر على استقرار العملية الإنتاجية ويتوجب على فريق الجودة القائم على العملية البحث عن هذه الأسباب وإزالتها من العملية من أجل تحسين العملية وتفادي تصنيع كميات كبيرة من الإنتاج المعيب.



الشكل ٤-١٧ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري للعملية

١١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري بإستخدام برنامج الميكروسفت إكسل والمينيتاب

١١-١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري على برنامج الميكروسفت إكسل

اعتمدت إحدى الشركات العاملة مع شركة فورد للسيارات استعمال تقنيات الضبط الإحصائي للعمليات لمراقبة عملياتها بهدف تحسين جودة منتجاتها وتخفيض تكاليف التصنيع. أحد المكونات الأساسية في مقاعد السيارات هو الزنبرك أو النابض (Spring) الذي يصنع من سلك معدني قطره ٤ مم بحيث يتم قطع السلك على طول ٥٠٠ مم باستعمال آلة قطع خاصة. حسب المواصفات، فإن أي انحراف عن هذه القيمة الاسمية قد يؤثر سلبا على جودة الزنبرك مما قد يتسبب في التأثير على راحة وأمن راكب السيارة. من أجل مراقبة عملية قص السلك على الآلة، يقوم مفتش الجودة بسحب عينات عشوائية مكونة من ٤ وحدات كل ساعة عمل ومن ثم إجراء

عملية قياس الطول لكل وحدة (الجدول (٤-١٠)). سوف نقوم بعمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري لدراسة استقرار العملية الإنتاجية ونظرا لكثرة الحسابات وتشابه البيانات فإن برنامج الميكروسفت اكسل يكون ضروريا في هذه الحالة.

نقوم أولا بفتح ورقة عمل إكسل جديدة ونبدأ بإدخال البيانات بحيث نسجل أرقام العينات في العمود A وبيانات القطع في خلايا الأعمدة (B,C,D,E). يستحسن هنا إضافة عنوان للمثال في بداية الورقة وبعض العبارات التوضيحية وكذلك كتابة معطيات المثال كقيم المعاملات الثابتة التي سنستعملها لحساب حدود الضبط. تسمح هذه الإضافات بالرجوع إلى المثال وتتبع خطوات عمل الخرائط في أي وقت نشاء.

في العمود (F) سوف نحسب قيم المتوسط لجميع العينات بحيث نبدأ بالعينة ١ التي نضع قيمة متوسطها في الخلية (F4) باستعمال الصيغة الحسابية (=AVERAGE(B4:E4)) ، ولحساب متوسطات بقية العينات نقوم بتطبيق الصيغة نفسها الحسابية على الخلايا الممتدة من (F5) إلى (F28).

العينة	X_1	X_2	X_3	X_4
	نتائج قياس الطول (مم)			
1	501.02	501.65	504.34	501.10
2	499.80	498.89	499.47	500.41
3	497.12	498.35	500.34	500.41
4	500.68	501.39	499.74	499.44
5	495.87	500.92	498.00	499.44
6	497.89	499.22	502.10	500.03
7	497.24	501.04	498.74	503.51
8	501.22	504.53	499.06	505.37
9	499.15	501.11	497.96	502.39
10	498.90	505.99	500.05	499.33
11	497.38	497.8	497.57	500.72
12	499.70	500.99	501.35	496.48
13	501.44	500.46	495.21	501.27
14	498.26	495.54	500.32	501.27
15	497.57	497.00	500.60	501.22
16	500.95	502.07	500.60	500.44
17	499.7	500.56	501.18	502.36
18	501.57	502.09	501.18	504.98
19	504.20	500.92	498.68	501.84
20	498.61	501.82	500.67	501.84
21	499.05	501.82	500.67	497.36
22	497.85	494.08	501.79	501.95
23	501.08	503.12	503.06	503.56
24	500.75	501.18	501.09	502.88
25	502.03	501.44	498.76	499.39

الجدول ٤-١٠ نتائج فحص وحدات الزنبرك (Springs) في الشركة (لير)

في العمود (J) سوف نحسب قيم الانحراف المعياري لجميع العينات بحيث نبدأ بالعينة ١ التي نضع قيمة متوسطها في الخلية (J4) باستعمال الصيغة الحسابية

(=STDEV(B4:E4)) . لحساب قيم الانحراف المعياري لبقية العينات نقوم بتطبيق نفس الصيغة الحسابية على الخلايا الممتدة من (J5) إلى (J28).

نحسب بعد ذلك حدود الضبط للانحراف المعياري ونبدأ بحساب الخط المركز والممثل بالقيمة المتوسطة للانحرافات المعيارية ($\bar{s}$). نضع هذه القيمة في الخلية (P12) ونستعمل الصيغة الحسابية ((= AVERAGE(J4:J28)

في الخلية (P14) نحسب الحد الأعلى للانحراف المعياري حسب الصيغة (= P8*P12) ، وفي الخلية (P16) نحسب الحد الأدنى للانحراف المعياري حسب الصيغة (P7*P12 =). نلاحظ هنا أننا كنا قد وضعنا في الخلايا (P7) و(P8) قيمتي المعاملات الثابتة (B_3) و(B_4) المستعملة في قوانين حساب حدود الضبط للانحراف المعياري. من خلال هذه العمليات نحصل على النتائج التالية :

$$CL = \bar{s} = 1.91$$
$$UCL_s = 4.32$$
$$LCL_s = 0$$

نقوم بعد ذلك بحساب حدود الضبط للمتوسط بحيث نبدأ بحساب الخط المركز والممثل بالقيمة المتوسطة للمتوسطات ($\bar{\bar{X}}$). نضع النتيجة في الخلية (P20) ونستعمل الصيغة الحسابية : (= AVERAGE(F4:F28

في الخلية (P22) نحسب الحد الأعلى للمتوسط حسب الصيغة : P20+P6*P12 =

و في الخلية (P24) نحسب الحد الأدنى للمتوسط حسب الصيغة : P20-P6*P12 =

نلاحظ هنا أننا كنا قد وضعنا في الخلية (P6) قيمة المعامل الثابت (A_3) المستعمل في قوانين حساب حدود الضبط للمتوسط . من خلال هذه العمليات نحصل على النتائج التالية :

$$CL = \bar{\bar{X}} = 500.35$$
$$UCL_{\bar{X}} = 503.45$$
$$LCL_{\bar{X}} = 497.24$$

الشكل (٤-١٨) يلخص هذه الخطوات الأساسية في عمل خرائط المتوسط والانحراف المعياري لهذا المثال الذي نحن بصدد دراسته.

مثال شركة لير لصناعة مقاعد السيارات - خريطة المراقبة للمتوسط و الانحراف المعياري

sample	X1	X2	X3	X4	Xbar	s
1	501.02	501.65	504.34	501.1	502.03	1.57
2	499.8	498.69	499.47	500.41	499.64	0.64
3	497.12	498.35	500.34	500.41	499.06	1.61
4	500.68	501.39	499.74	499.44	500.31	0.89
5	495.07	500.92	498	499.44	498.56	2.15
6	497.89	499.22	502.1	500.03	499.81	1.76
7	497.24	501.04	498.74	503.51	500.13	2.74
8	501.22	504.53	499.06	505.37	502.55	2.93
9	499.15	501.11	497.96	502.39	500.15	1.98
10	498.9	505.99	500.05	499.33	501.07	3.32
11	497.38	497.8	497.57	500.72	498.37	1.58
12	499.7	500.99	501.35	496.48	499.63	2.22
13	501.44	500.46	495.21	501.27	499.60	2.95
14	498.26	495.54	500.32	501.27	498.85	2.54
15	497.57	497	500.6	501.22	499.10	2.12
16	500.95	502.07	500.6	500.44	501.02	0.73
17	499.7	500.56	501.18	502.36	500.95	1.12
18	501.57	502.09	501.18	504.98	502.46	1.72
19	504.2	500.92	498.68	501.84	501.41	2.28
20	498.61	501.82	500.67	501.84	500.74	1.52
21	499.05	501.82	500.67	497.36	499.73	1.94
22	497.85	494.08	501.79	501.95	498.92	3.74
23	501.08	503.12	503.06	503.56	502.71	1.11
24	500.75	501.18	501.09	502.88	501.48	0.95
25	502.03	501.44	498.76	499.39	500.41	1.58

معطيات المثال

n =	4
A3 =	1.628
B3 =	0
B4 =	2.266

حدود الضبط للانحراف المعياري

s bar =	1.91
UCLs =	4.32
LCLs =	0

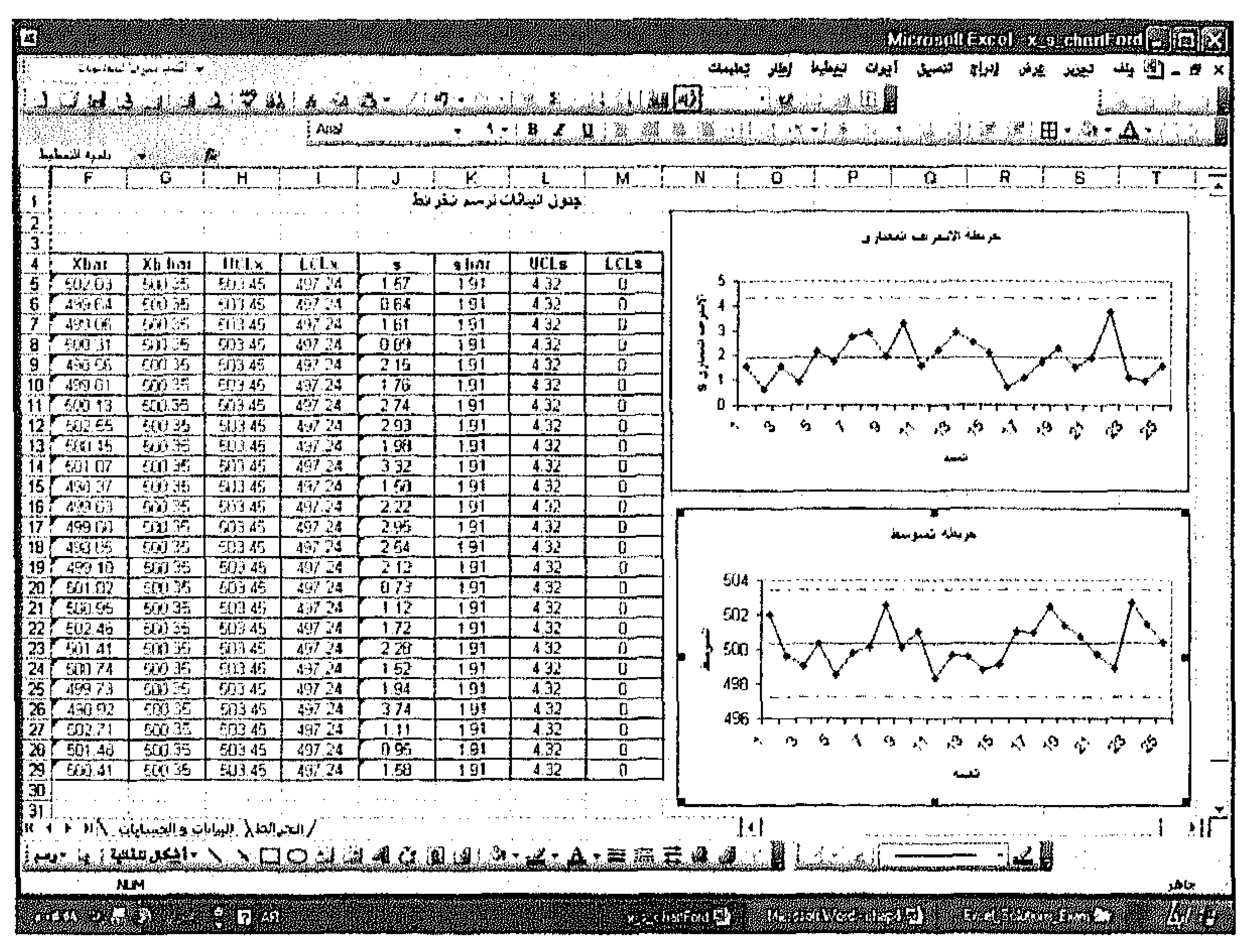
حدود الضبط للمتوسط

Xb bar =	500.35
UCLx =	503.15
LCLx =	497.24

البيانات و الحسابات / الخرائط

الشكل ٤-١٨ جدول بيانات المثال ونتائج حساب المتوسط ($\overline{X}$) والانحراف المعياري (s) لكل العينات

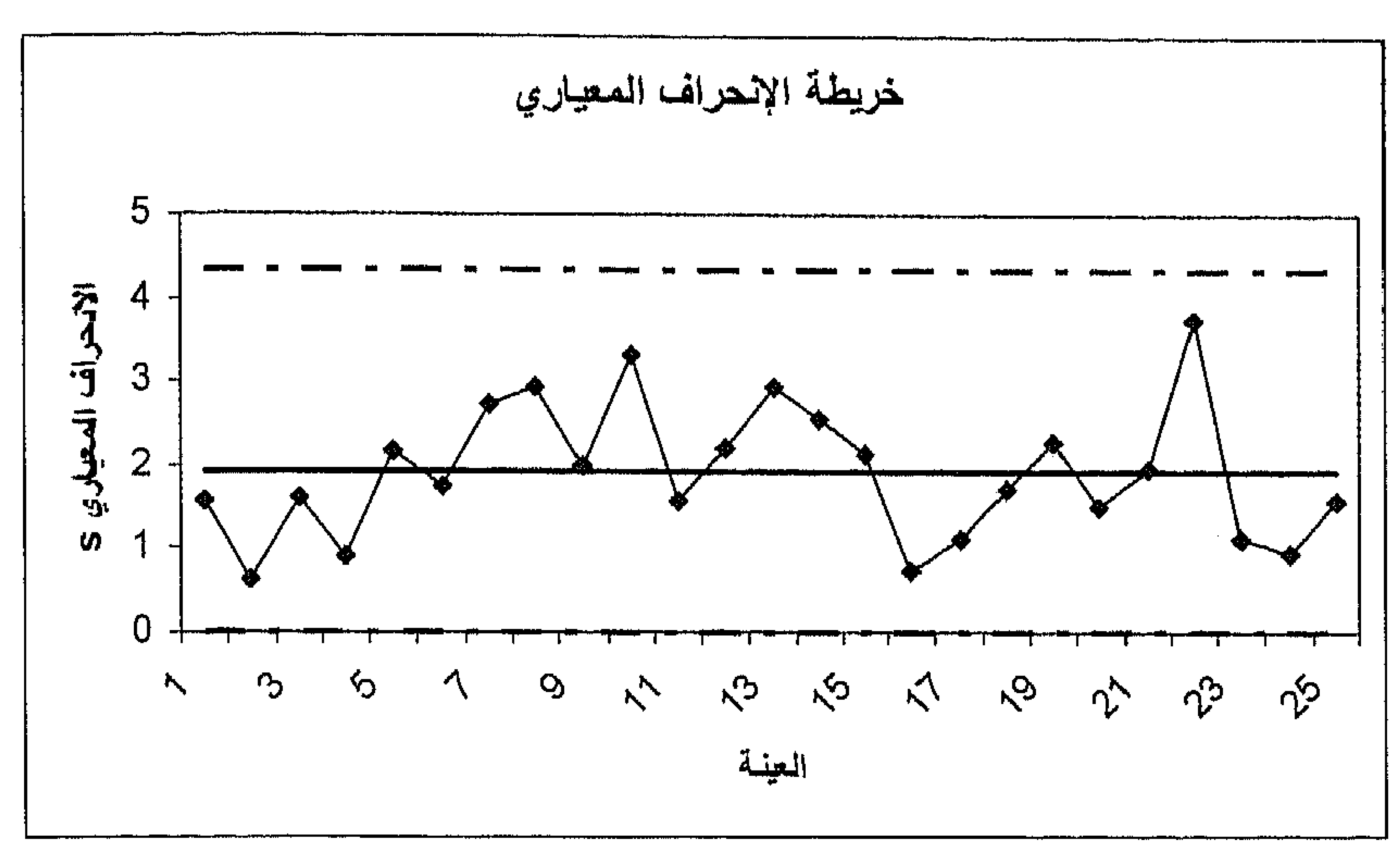
بعد أن قمنا بحساب جميع البيانات الضرورية لرسم الخريطتين سوف نقوم بتجهيز جدول يساعدنا في رسم الخريطتين بحيث ننشئ ورقة عمل جديدة في نفس الملف ونضع فيها البيانات التالية متسلسلة :رقم العينة، المتوسطات ($\overline{X}$)، قيمة متوسط المتوسطات ($\overline{\overline{X}}$)، الحد الأعلى للمتوسط (UCL_X)، الحد الأدنى للمتوسط (LCL_X)، الانحرافات المعيارية (S)، متوسط الانحرافات المعيارية ($\overline{s}$)، الحد الأعلى (UCL_s) والحد الأدنى للانحراف المعياري (LCL_s). وباستعمال معالج المخططات (Chart Wizard) نقوم برسم الخريطتين وإجراء التنسيقات اللازمة لقراءتها وتحليلها وهذا ما نوضحه من خلال الشكل (٤-١٩).

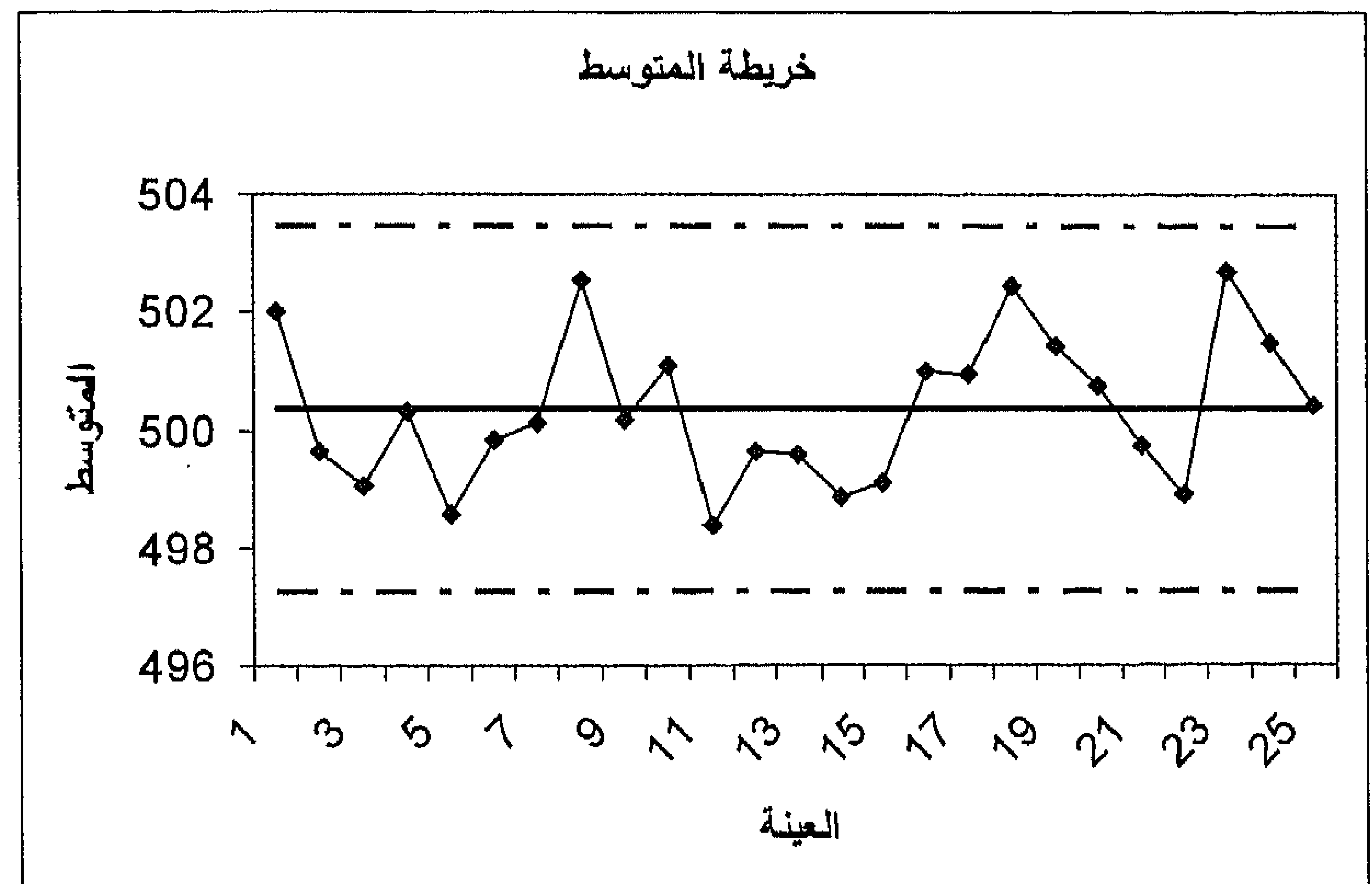


	Xbar	Xb bar	UCLx	LCLx	s	s bar	UCLs	LCLs
5	502.03	500.35	503.45	497.24	1.57	1.91	4.32	0
6	499.64	500.35	503.45	497.24	0.64	1.91	4.32	0
7	499.06	500.35	503.45	497.24	1.61	1.91	4.32	0
8	500.31	500.35	503.45	497.24	0.69	1.91	4.32	0
9	498.56	500.35	503.45	497.24	2.15	1.91	4.32	0
10	499.61	500.35	503.45	497.24	1.76	1.91	4.32	0
11	500.13	500.35	503.45	497.24	2.74	1.91	4.32	0
12	502.55	500.35	503.45	497.24	2.93	1.91	4.32	0
13	500.15	500.35	503.45	497.24	1.98	1.91	4.32	0
14	501.07	500.35	503.45	497.24	3.32	1.91	4.32	0
15	499.37	500.35	503.45	497.24	1.50	1.91	4.32	0
16	499.63	500.35	503.45	497.24	2.22	1.91	4.32	0
17	499.09	500.35	503.45	497.24	2.95	1.91	4.32	0
18	499.05	500.35	503.45	497.24	2.54	1.91	4.32	0
19	499.10	500.35	503.45	497.24	2.12	1.91	4.32	0
20	501.02	500.35	503.45	497.24	0.73	1.91	4.32	0
21	500.96	500.35	503.45	497.24	1.12	1.91	4.32	0
22	502.46	500.35	503.45	497.24	1.72	1.91	4.32	0
23	501.41	500.35	503.45	497.24	2.28	1.91	4.32	0
24	500.74	500.35	503.45	497.24	1.52	1.91	4.32	0
25	499.73	500.35	503.45	497.24	1.94	1.91	4.32	0
26	498.92	500.35	503.45	497.24	3.74	1.91	4.32	0
27	502.71	500.35	503.45	497.24	1.11	1.91	4.32	0
28	501.48	500.35	503.45	497.24	0.95	1.91	4.32	0
29	500.41	500.35	503.45	497.24	1.58	1.91	4.32	0

الشكل ٤–١٩ تهيئة جدول لرسم خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري

من خلال خريطتي المراقبة ($\overline{X}-s$) الموضحتين على الشكل (٤–٢٠) يتبين لنا أن كل التغيرات الموجودة في العملية تعتبر تغيرات طبيعية وتعود إلى الأسباب العامة ولا يوجد أي مؤشر لوجود أسباب خاصة تؤثر على سير العملية التصنيعية لدى الشركة، ومنه نستنتج أن العملية التصنيعية واقعة تحت المراقبة الإحصائية ويمكن استعمال حدود الضبط لمراقبة العملية في المستقبل.





الشكل ٤-٢٠ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري لمنتج شركة لير

١١-٢ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري بإستخدام المينيتاب

في أحد البنوك الوطنية خصص مدير العمليات صرافا للعمليات السريعة (Express Teller) وحدد هدفا يتمثل في أن تتم عملية الإيداع أو السحب في وقت قياسي لا يتجاوز ٦٠ ثانية. لمراقبة جودة العملية قام المدير بسحب استمارات لستة

عمليات في اليوم خلال شهر وسجل الوقت المستغرق لإتمام العملية على الجدول (٤-١١).

اليوم Day	التاريخ Date	العمليات Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 6
السبت	03/05	63	55	56	53	61	64
الأحد	04/05	60	63	60	65	61	66
الإثنين	05/05	57	60	61	65	66	62
الثلاثاء	06/05	58	64	60	61	57	65
الأربعاء	07/05	79	68	65	61	74	71
السبت	10/05	55	66	62	63	56	52
الأحد	11/05	57	61	58	64	55	63
الإثنين	12/05	58	51	61	57	66	59
الثلاثاء	13/05	65	66	62	68	61	67
الأربعاء	14/05	73	66	61	70	72	78
السبت	17/05	57	63	56	64	62	59
الأحد	18/05	66	63	65	59	70	61
الإثنين	19/05	63	53	69	60	61	58
الثلاثاء	20/05	68	67	59	58	65	59
الأربعاء	21/05	70	62	66	80	71	76
السبت	24/05	65	59	60	61	62	65
الأحد	25/05	63	69	58	56	66	61
الإثنين	26/05	61	56	62	59	57	55
الثلاثاء	27/05	65	57	69	62	58	72
الأربعاء	28/05	70	60	67	79	75	68

الجدول ٤-١١ الوقت المستغرق لأداء العملية البنكية (بالثانية)

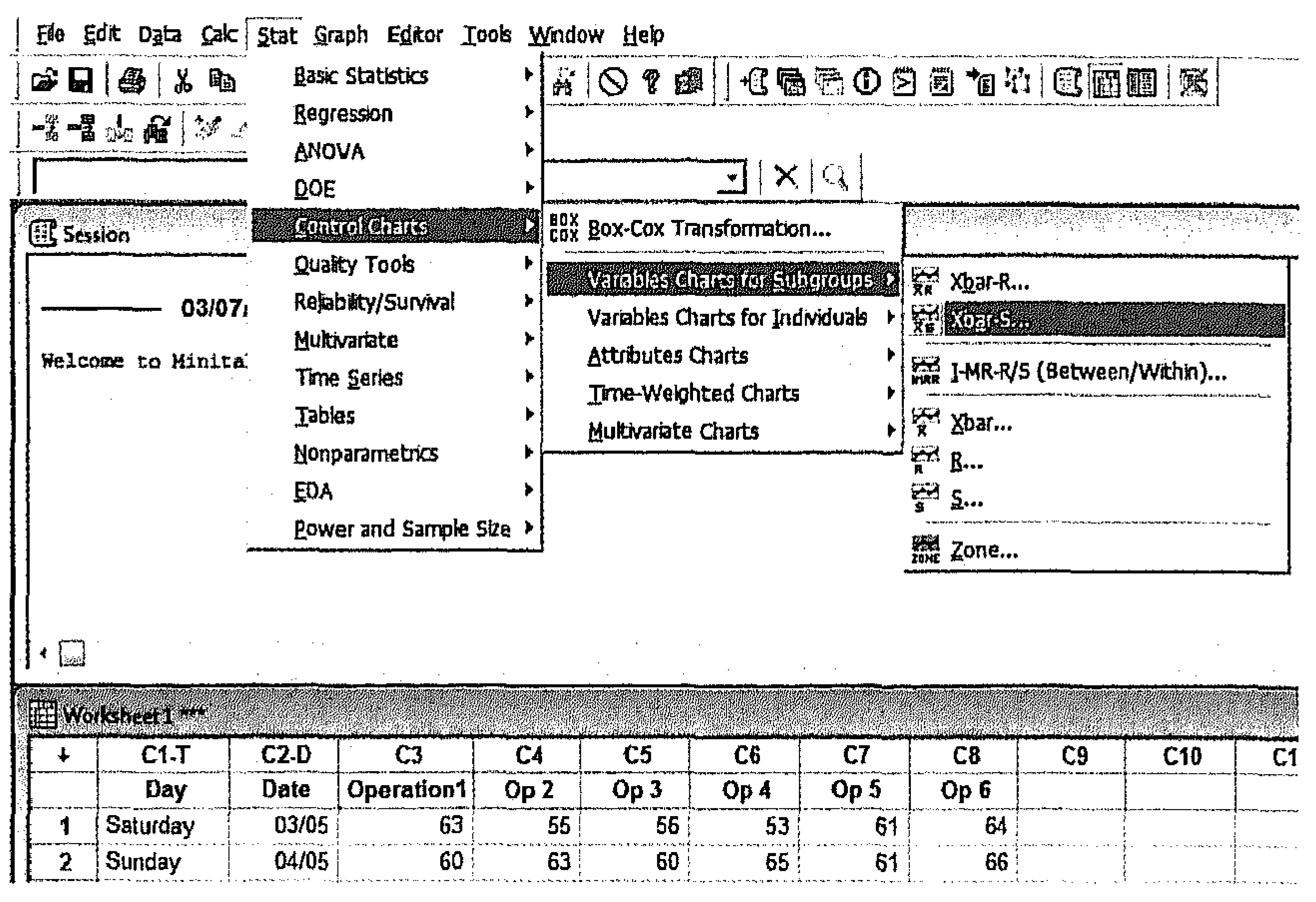
من خلال عمل خرائط المراقبة للمدى والانحراف المعياري ($\bar{X}-s$) عن طريق برنامج المينيتاب سنقوم بدراسة العملية البنكية ومدى إستقرارها إحصائيا. نقوم أولا بإدخال البيانات في برنامج المينيتاب كما هو موضح على الشكل (٤-٢١).

Worksheet 1 ***

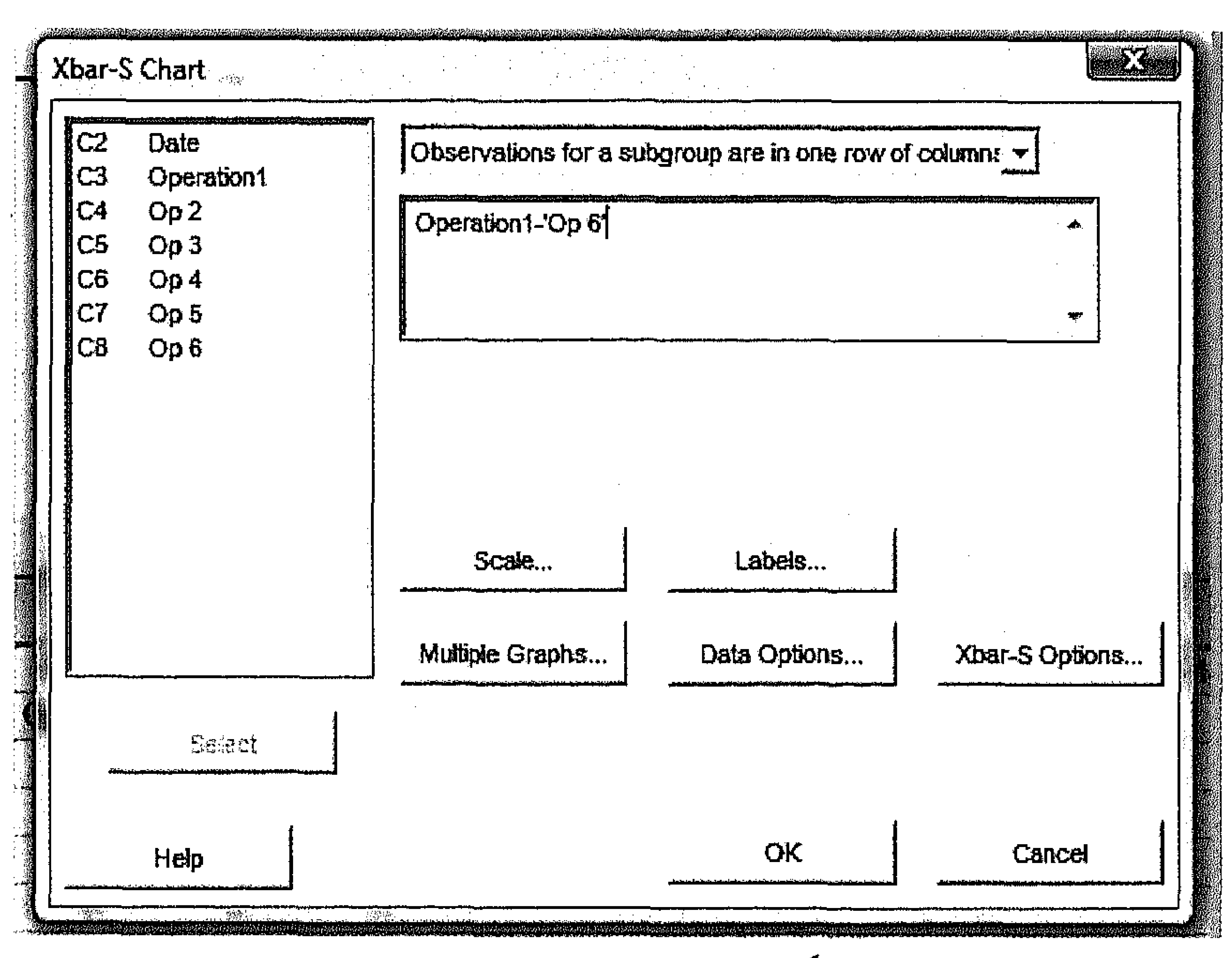
↓	C1-T	C2-D	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Day	Date	Operation1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 6
1	Saturday	03/05	63	55	56	53	61	64
2	Sunday	04/05	60	63	60	65	61	66
3	Monday	05/05	57	60	61	65	66	62
4	Tuesday	06/05	58	64	60	61	57	65
5	Wednesday	07/05	79	68	65	61	74	71
6	Saturday	10/05	55	66	62	63	56	52
7	Sunday	11/05	57	61	58	64	55	63
8	Monday	12/05	58	51	61	57	66	59
9	Tuesday	13/05	65	66	62	68	61	67
10	Wednesday	14/05	73	66	61	70	72	78

الشكل ٤-٢١ إدخال بيانات المثال على المينيتاب

من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Variables Charts for Subgroups) وبعدها (...Xbar-S) (الشكل ٤-٢٢). بعدها تفتح نافذة حوار (Xbar-S Chart) حينها نقوم بإختيار (observations for a subgroup are in one row of columns) كون بيانات العينات لكل يوم موجودة في سطر، ومن ثم البيانات ('operation1'-'Op 6') كما هو موضح على الشكل (٤-٢٣) ثم نختار (OK).

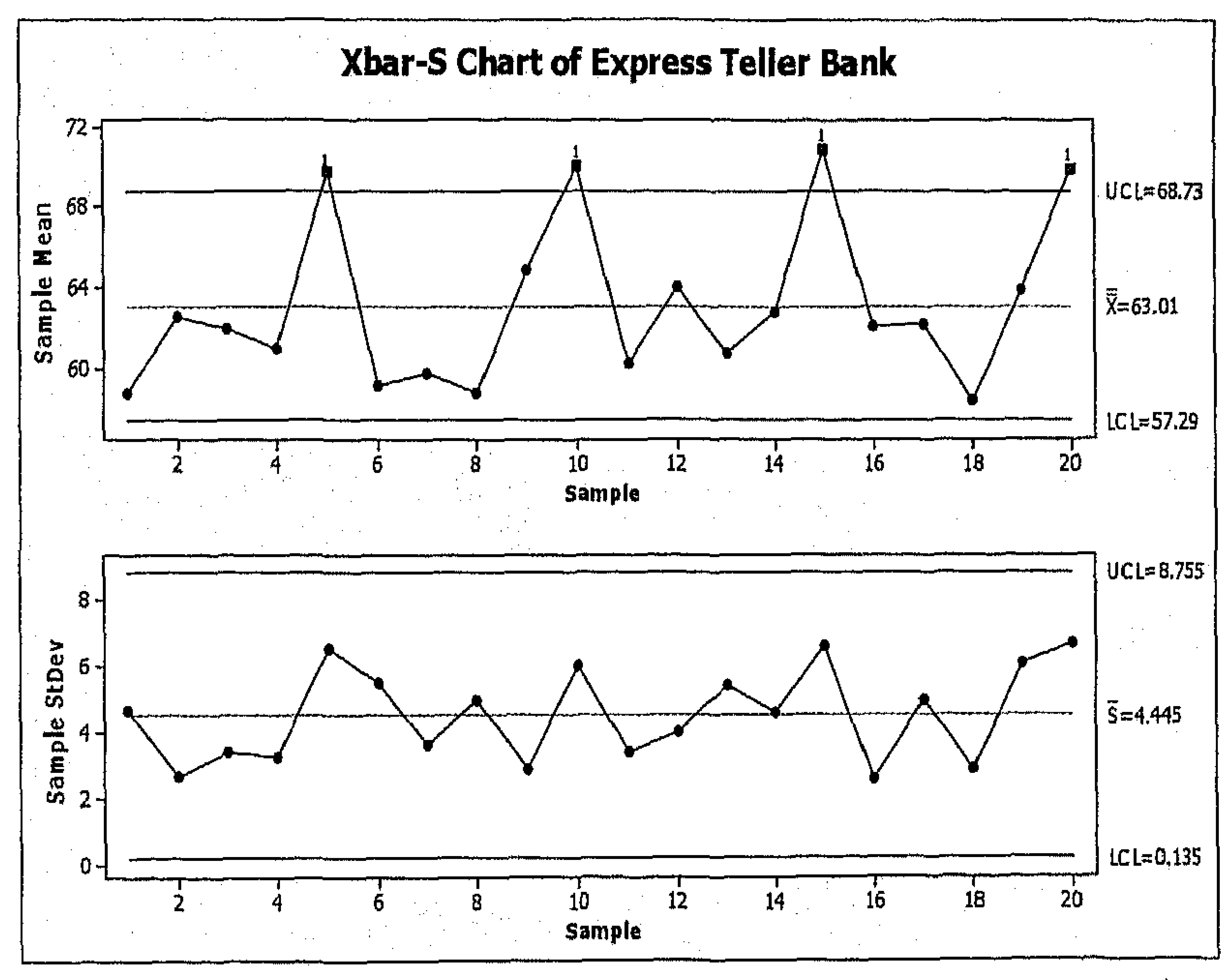


الشكل ٤-٢٢ اختيار خرائط المراقبة للمتوسط والإنحراف المعياري على المينيتاب



الشكل ٤-٢٣ إختيار البيانات

نحصل على الخريطيتين الموضحة على الشكل (٤-٢٤) والتي تظهر أن العملية الخدمية في البنك غير مستقرة إحصائيا (Out of control) وتقع تحت تأثير أسباب خاصة يجب البحث عنها وإزالتها من العملية. هنا ننصح مدير العمليات بالرجوع إلى سجلات العمليات للأيام (٥-١٠ — ١٥ و٢٠) والتي تمثل يوم الأربعاء من كل أسبوع لتحديد الظروف التي وقعت في العملية وكذلك إستخدام مخطط عظم السمكة (أو تحليل إيشيكاوا) لتحديد الأسباب الكامنة في العملية والتي تؤدي إلى الوقوع في التفاوت الكبير بين أداء الصراف والهدف المسطر من الإدارة وحدوث حالة عدم الاستقرار والخروج عن المراقبة الإحصائية. يتوجب على مدير العمليات في البنك العمل على تحسين العملية بإزالة الأسباب المؤدية إلى هذه الحالة حتى يحقق رضا عملائه.



الشكل ٤-٢٤ خرائط المراقبة للمتوسط والإنحراف المعياري للعملية البنكية

١٢ أنواع أخرى من خرائط مراقبة المتغيرات

نلاحظ عزيزي القارئ أن معظم خرائط المراقبة للمتغيرات (Control charts for variables) والتي عرضناها في الفقرات السابقة قائمة على مجموعة من الملاحظات في كل عينة (Samples) تؤخذ من العملية ومنها تحسب القيمة المتوسط ($\overline{X}$) أو المدى (R) أو الإنحراف المعياري (s) للعينة. هذه الخرائط لا يمكن استعمالها للبيانات الخاصة بالتكاليف مثلا أو المخزون أو عدد الشكاوي أو في بعض الحالات الصناعية أين لا يمكن الحصول إلا على ملاحظة واحدة فقط من العملية مثل العمليات الإنتاجية المتواصلة كعمليات إنتاج الغاز الطبيعي أو البترول أو الصناعات الصيدلانية. في هذه الحالات تتوفر لدينا أنواع أخرى من خرائط المراقبة للمتغيرات تستعمل لمراقبة العملية، منها:

- خرائط التتابع (Run Charts)
- خرائط المراقبة للقيم الفردية (Individuals Control Charts)
- خرائط المراقبة للمدى المتحرك (Moving Range Charts)
- خرائط المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (Exponentially Weighted Mean Average (EWMA charts) .

عادة ما تستعمل خريطة القيم الفردية مع خريطة المدى المتحرك في المجلات الصناعية والخدمية (I-mR charts) أو (X-mR Charts).

١٢-١ خرائط التتابع (Run Charts)

١٢-١-١ المفهوم العام لخريطة التتابع

خريطة التتابع هي عبارة عن تمثيل بياني يسمح برسم الملاحظات حسب الترتيب الذي حصلنا عليه من خلال مراقبة العملية الإنتاجية أو الخدمية. تستعمل هذه الخريطة لتبيان نوع التغيرات الواقعة في العملية عبر الزمن وكذلك توضيح فيما إذا كان

هناك أي تحسين قد طرأ على العملية أو بالعكس حدث تدهور في خصائص العملية مع مرور الزمن. يجب أن نلاحظ هنا عزيزي الدارس أن خريطة التتابع ليست خريطة مراقبة حسب التعريف الذي عرضناه في بداية هذا الفصل بحيث أنها لا تحتوي على حدود ضبط وإنما تم إدراجها هنا مع خرائط المراقبة لتشابه الاستعمالات ولفعاليتها وسهولة استعمالها في المراقبة السريعة للعمليات الإنتاجية والخدمية. إن خريطة التتابع لا يقتصر استعمالها على مراقبة المتغيرات إذ يمكن وببساطة استعمالها لمراقبة الخواص أيضا، فعلى السبيل المثال يمكن عن طريق خريطة التتابع مراقبة التغيرات الواقعة في أبعاد قطعة ميكانيكية على سير خط الإنتاج، وكذلك مراقبة درجة حرارة أو ضغط المريض، وحدوث عدد العيوب في عملية خدمية معينة.

١٢-١-٢ مثال عن خريطة التتابع

قامت إدارة إحدى الكليات العالمية بإحصاء متوسط الدرجات في مادة الرياضيات المتحصل عليها في امتحان القبول خلال فترة زمنية تمتد لمدة ٢٢ سنة وحصلت على النتائج المسجلة في الجدول (٤-١٢).

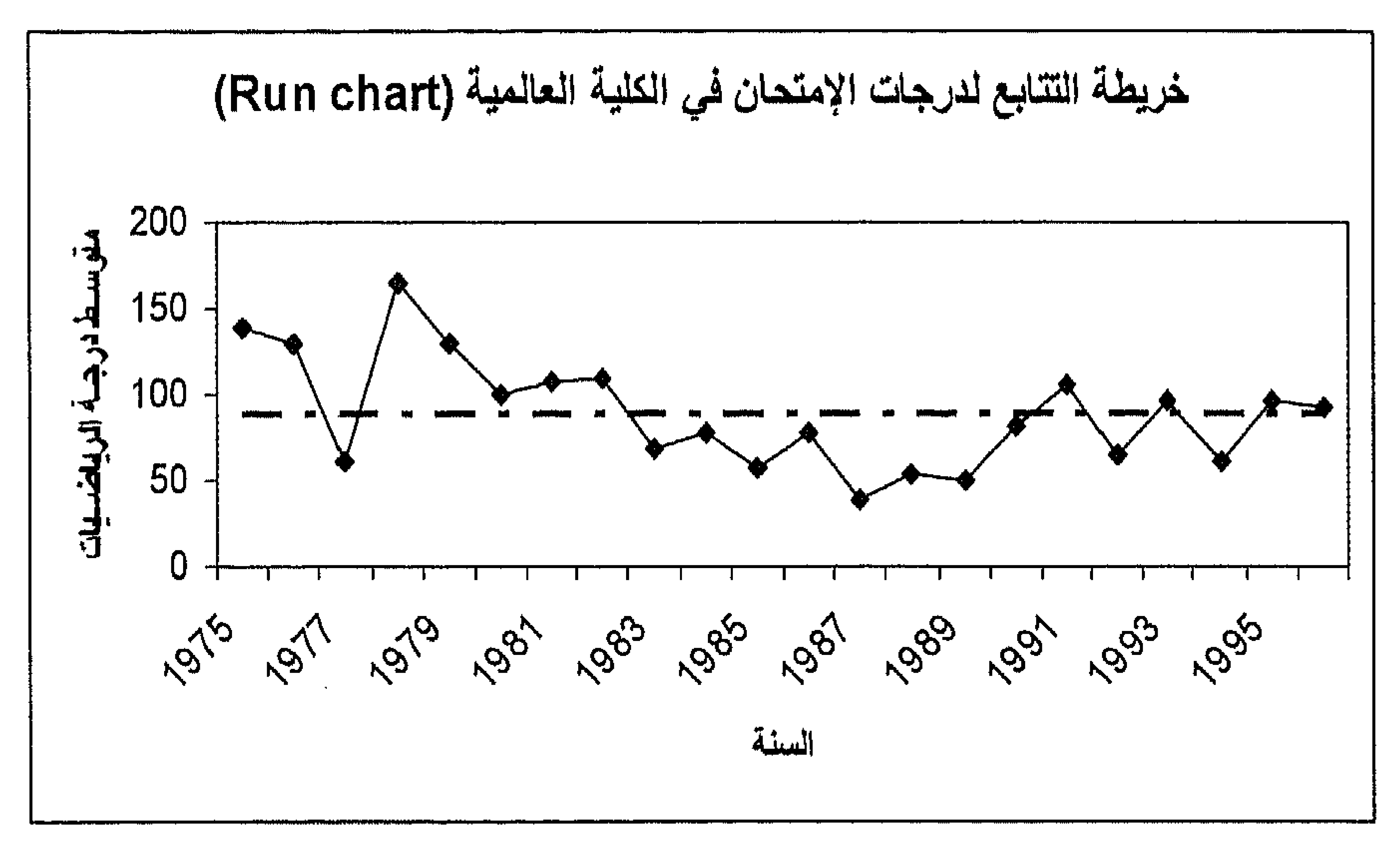
السنة	1975	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
الدرجة	139	130	61	164	129	100	108	110	64	78	57

السنة	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
الدرجة	77	38	53	50	81	105	65	97	62	96	93

الجدول ٤-١٢ نتائج الرياضيات في امتحان الدخول إلى الكلية خلال ٢٢ سنة

إذا لرسم خريطة التتابع لهذه القيم نقوم برسمها حسب حدوثها مرتبة في الزمن، أي أننا نرسم متوسط الدرجات بدلالة السنة ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٤-٢٥). يستحسن أن نضيف إلى الخريطة خطا أفقيا يمثل القيمة الوسطى للبيانات ($\overline{X} = 89.14$) التي تم حسابها كما يلي:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{139 + 130 + 61 + ... + 96 + 93}{22} = 89.14$$



الشكل ٤-٢٥ رسم خريطة التتابع لدرجات امتحان الرياضيات في الكلية

من خلال هذه الخريطة يتبين لنا أن مستوى الطلبة في مادة الرياضيات كان أحسن في فترة السبعينات وتقهقر في الثمانينات ثم يعود إلى التحسن في التسعينيات إلا أنه بقي دون مستوى السبعينات.

٢-١٢ خرائط المراقبة للقيم الفردية (Individuals control charts)

١٢-٢-١ المفهوم العام لخرائط المراقبة للقيم الفردية

في كثير من العمليات الصناعية أو الخدمية لا يكون لدينا مجال لأخذ عينة من العملية، ويكون هذا صحيحا بالدرجة الأولى في العمليات الإنتاجية المتواصلة (Continuous processes) مثل الصناعات البتروكيماوية أين يكون لزاما علينا أن نراقب تغيرات الضغط أو التدفق أو درجة الحرارة، وهذا لتتبع جودة المنتج ومراقبة العملية بوجه عام. مثال آخر من المجالات الخدمية أين لا يمكن الحصول إلا على ملاحظة واحدة من العملية وهو متعلق ببيانات المحاسبة أو المصاريف أو تكاليف الجودة للخدمة أو المنتج. في كل هذه الحالات لا يكون مجديا أن نأخذ عدة ملاحظات من العملية وهذا لبطئ التغيرات في العملية، وبالتالي ففي كل فترة نقوم بأخذ قيمة واحدة للمتغير المراد مراقبته. تسمح البيانات المجمعة التي عادة ما يكون عددها ٢٠ أو أكثر وخلال مدة زمنية معينة (يوم، أسبوع أو شهر) برسم خريطة المراقبة للقيم الفردية ((Individuals Control Chart (X chart).

بخلاف خريطة المراقبة للمتوسط ($\overline{X}-chart$) أين قمنا بحساب حدود الضبط بناءا على الانحراف المعياري لمجموعة من البيانات (Xi) في كل عينة فإن في خريطة القيم الفردية ليس لدينا إلا قيمة واحدة في كل عينة، ولحساب حدود الضبط لهذه الخريطة لدينا اختيارين اثنين:

١. نحسب الانحراف المعياري σ لمجموع البيانات المتتالية والمجمعة من العملية ونقوم بحساب حدود الضبط على حدود ($\pm 3\sigma$).

٢. الطريقة الثانية وهي الأكثر استعمالا نظرا لاستقرارها وعدم تأثر النتيجة بالتغيرات الواقعة في العملية. تقوم هذه الطريقة على حساب حدود الضبط

باستعمال مفهوم المدى المتحرك ((Moving Range (MR)) وهو قيمة الفرق بين قيمتين متتاليتين.

١٢-٢-٢ خطوات عمل خريطة المراقبة للقيم الفردية

لعمل خريطة المراقبة للقيم الفردية نقوم بإتباع الخطوات الأساسية التالية:

الخطوة الأولى : نقوم بتحديد خاصية الجودة التي يتوجب مراقبتها.

الخطوة الثانية : نجمع عددا من الملاحظات (Xi) بحيث يكون العدد مساويا أو أكبر من ٢٠ ملاحظة ($n \geq 20$) موزعة على فترات مختلفة لإجراء الدراسة المبدئية عن العملية. يجب أن تكون الملاحظات متباعدة في الزمن بحيث يمكن الحصول على تغيرات للأسباب الخاصة في العملية.

الخطوة الثالثة: سوف تحسب حدود الضبط على حدود ($\pm 3\sigma$) باستعمال مفهوم المدى المتحرك((Moving Range(MRi) المعرف بأنه القيمة المطلقة للفرق بين قيمتين متتاليتين:

$$MR_i = \left| X_i - X_{i-1} \right|$$

نبدأ أولا بحساب قيم المدى المتحرك لجميع البيانات بحيث نبدأ من العينة رقم ٢ ونحصل بذلك على (n-1) قيمة.

نقوم بعد ذلك بحساب القيمة المتوسطة للمدى المتحرك ($\overline{MR}$) :

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=2}^{n} MR_i}{n-1} = \frac{MR_2 + MR_3 + \ldots\ldots + MR_n}{n-1}$$

الخطوة الرابعة : نقوم بحساب حدود الضبط للخريطة كما يلي:

- نحسب **الخط المركز** (CL) للخريطة والمتمثل في القيمة المتوسطة لمجوع البيانات :

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$

وكذلك **الحد الأعلى للضبط** :

$$UCL_X = \overline{X} + 3\sigma$$

$$UCL_X = \overline{X} + 3\frac{\overline{MR}}{d_2} = \overline{X} + 2.66\overline{MR}$$

ومن ثم نحسب **الحد الأدنى للضبط** :

$$LCL_X = \overline{X} - 3\sigma$$

$$LCL_X = \overline{X} - 3\frac{\overline{MR}}{d_2} = \overline{X} - 2.66\overline{MR}$$

نلاحظ هنا أن (d_2) هو معامل ثابت يتم اختياره من الجدول (A-2) في الملحق وهنا (d_2=1.128).

الخطوة الخامسة : نقوم برسم خريطة المراقبة للقيم الفردية التي يرمز إليها عادة بخريطة (X-mR Chart) وهذا برسم قيم الملاحظات بدلالة رقم العينة مع إضافة الخط المركز (CL) وحدود الضبط (UCL_X,LCL_X).

الخطوة السادسة : نقوم بدراسة وتحليل الخريطة بحيث أنه في حالة وقوع جميع النقاط داخل حدود الضبط وعدم وجود نمط معين في تسلسل النقاط أي عدم حدوث أي حالة للخروج عن الضبط الإحصائي للعملية ففي هذه الحالة تعتمد حدود الضبط هذه لمراقبة العملية في المستقبل. أما في حالة حدوث حالة الخروج عن الضبط الإحصائي فيجب مراجعة حدود الضبط وهذا بالبحث عن الأسباب الخاصة التي أدت إلى حدوثها وإزالتها من العملية ومن ثم حساب حدود ضبط جديدة وهذا في مسعى للتحسين المستمر للعملية.

ملاحظة : فكما أشرنا سابقا يمكن حساب حدود الضبط لخريطة القيم الفردية عن طريق الانحراف المعياري للبيانات (s) بحيث :

$$UCL_X = \overline{X} + 3 \,{}^{s}\!/_{c_4}$$

$$LCL_X = \overline{X} - 3 \,{}^{s}\!/_{c_4}$$

أين c_4 : معامل ثابت نحصل عليه من الجدول (A-2) في الملحقات.

١٢-٢-٣ مثال عن خريطة المراقبة للقيم الفردية

في مصنع بيتروكيماويات نقوم بمراقبة إنتاج الغاز الطبيعي عن طريق قياس معدل تدفق الغاز لـ ١٠ ساعات ورصدنا النتائج على الجدول (٤-١٣).

الساعة	التدفق (kg/s)
1	49.6
2	47.6
3	49.9
4	51.3
5	47.8
6	51.2
7	52.6
8	52.4
9	53.6
10	52.1

جدول ٤-١٣ نتائج قياس التدفق

نلاحظ هنا أنه ليس لدينا سوى قيمة واحدة في كل عينة (أي خلال كل ساعة) ومنه فإننا سنقوم باستعمال خريطة المراقبة للقيم الفردية لمراقبة هذه العملية الإنتاجية المتواصلة.

نبدأ أولا بحساب قيم المدى المتحرك (MR_i) لجميع البيانات حسب القانون:

$$MR_i = \left| X_i - X_{i-1} \right|$$

و نبدأ من العينة رقم ٢ : $MR_2 = |X_2 - X_1| = |47.6 - 49.6| = 2.0$

و كذلك للعينة ٣ : $MR_3 = |X_3 - X_2| = |49.9 - 47.6| = 2.3$

و بنفس الطريقة لبقية العينات حتى ١٠. لاحظ هنا أننا سنحصل على ٩ قيم للمدى المتحرك، ونرصد هذه النتائج على الجدول كما هو موضح أدناه:

الساعة	التدفق (kg/s)	المدى المتحرك MRi
1	49.6	----
2	47.6	2.0
3	49.9	2.3
4	51.3	1.4
5	47.8	3.5
6	51.2	3.4
7	52.6	1.4
8	52.4	0.2
9	53.6	1.2
10	52.1	1.5

جدول ٤-١٤ نتائج حساب المدى المتحرك

حساب القيمة المتوسطة للمدى المتحرك ($\overline{MR}$) :

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=2}^{n} MR_i}{n-1} = \frac{MR_2 + MR_3 + ... + MR_{10}}{10-1}$$

$$\overline{MR} = \frac{2.0 + 2.3 + 1.4 + 3.5 + 3.4 + 1.4 + 0.2 + 1.2 + 1.5}{9}$$

$$\overline{MR} = 1.88$$

نقوم بحساب القيمة المتوسطة لمجوع البيانات

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$

$$\overline{X} = \frac{49.6 + 47.6 + ... + 52.1}{10} = \frac{508.1}{10} = 50.81$$

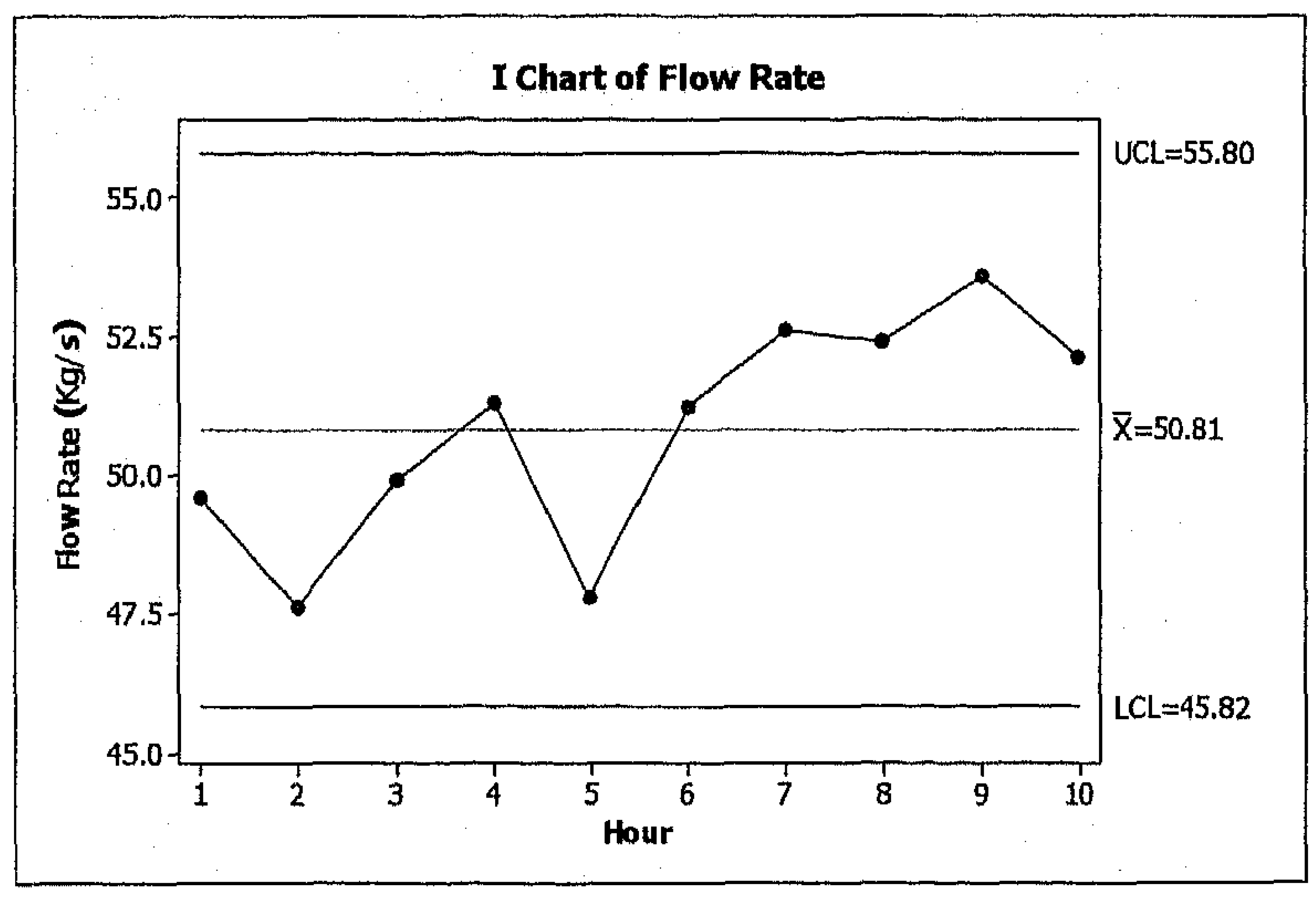
وكذلك نقوم بحساب الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_X = \overline{X} + 2.66\overline{MR} = 50.81 + 2.66 \times 1.88 = 55.80$$

ومن ثم نحسب الحد الأدنى للضبط :

$$LCL_X = \overline{X} - 2.66\overline{MR} = 50.81 - 2.66 \times 1.88 = 45.82$$

بعد أن قمنا بحساب حدود الضبط نقوم برسم خريطة المراقبة للقيم الفردية وهذا برسم قيم الملاحظات بدلالة رقم العينة مع إضافة الخط المركز (CL) وحدود الضبط (UCL_X,LCL_X) حيث نحصل على الخريطة المبينة على الشكل (٤-١٨).



الشكل ٤-٢٦ خريطة المراقبة للقيم الفردية (X Chart) لتدفق الغاز

من خلال هذه الخريطة يتبين لنا أن كل النقاط تقع داخل حدود الضبط وأنه لا يوجد أي مؤشر عن حالة الخروج عن الضبط الإحصائي ومنه تعتبر العملية مستقرة إحصائيا ويمكن استعمال حدود الضبط هذه في عملية مراقبة العملية مستقبلا.

١٢-٢-٤ عمل خرائط القيم الفردية والمدى المتحرك (ImR charts) بإستخدام برنامج المينيتاب

كنا قد وضحنا فيما سبق أنه يستحسن إستعمال خريطة القيم الفردية مع خريطة المدى المتحرك في مراقبة العمليات الصناعية والخدمية (I-mR charts) أو (X-mR Charts) والتي يمكن عملها عن طريق برنامج المينيتاب بكل سهولة كما سيتبين معنا من خلال المثال التالي.

في مؤسسة صناعية رائدة في الصناعات الغذائية قام مفتش الجودة بقياس محتوى البروتينات في ٢٨ دفعة من المنتج الغذائي ورصد النتائج على الجدول (٤-١٥).

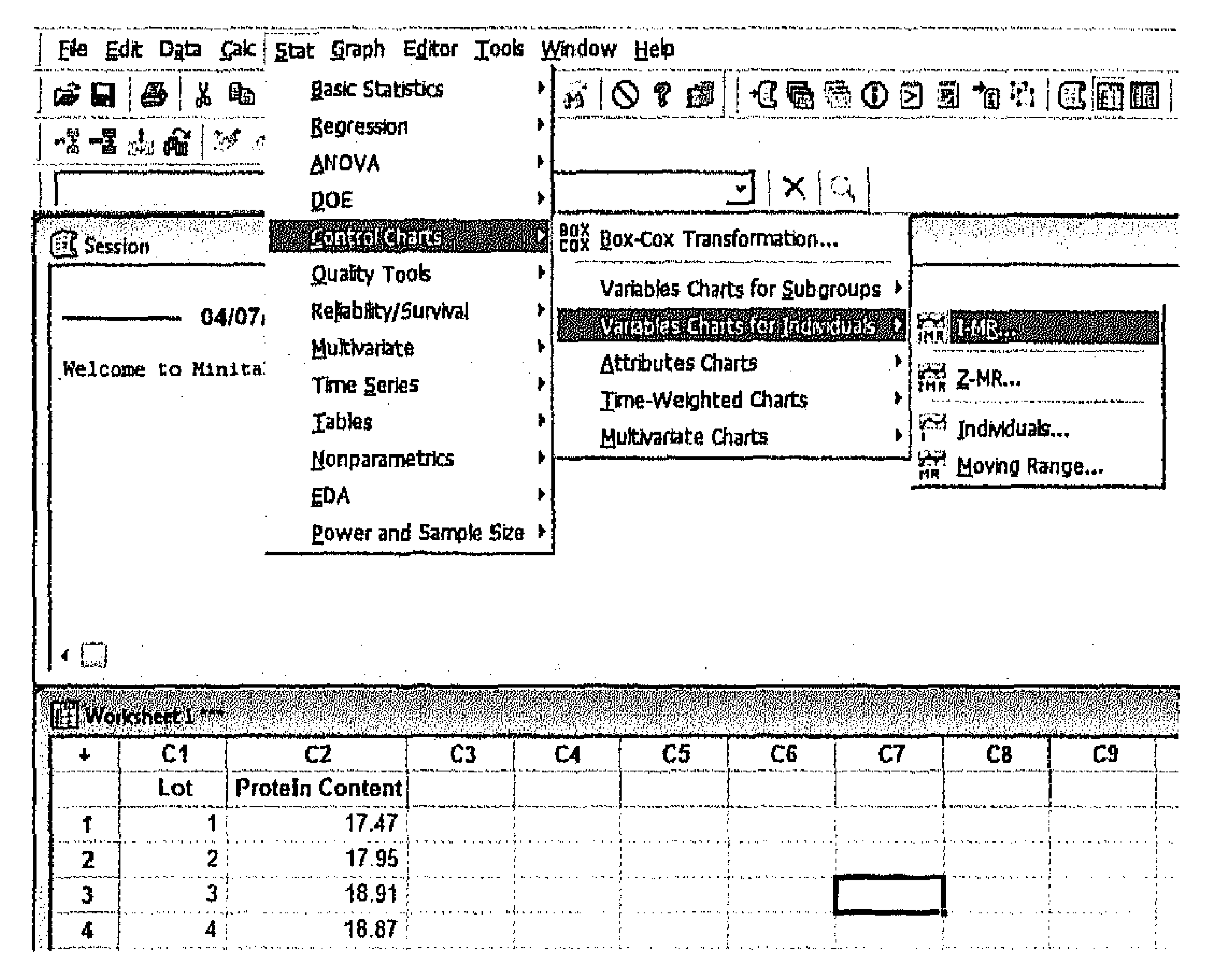
الدفعة	محتوى البروتينات	الدفعة	محتوى البروتينات
1	17.47	15	19.01
2	17.95	16	18.27
3	18.91	17	18.60
4	18.87	18	19.46
5	18.35	19	18.53
6	18.44	20	18.12
7	18.71	21	18.48
8	18.60	22	18.24
9	18.80	23	18.73
10	18.84	24	18.40
11	19.41	25	19.26
12	18.82	26	18.29
13	18.18	27	19.46
14	18.75	28	19.25

الجدول ٤-١٥ بيانات محتويات البروتينات

من خلال خرائط المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك (ImR-charts) نقوم بدراسة إستقرار العملية الإنتاجية لدى الشركة.

سنقوم بحل المثال على برنامج المينيتاب وهذا بإتباع الخطوات التالية:

من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Variables Charts for Individuals) وبعدها (...I-MR) (الشكل ٤-٢٧). بعدها تفتح نافذة حوار (Individuals Moving Range Chart) وندخل البيانات في مربع (Variables) كما هو موضح على الشكل (٤-٢٨) ثم نختار (OK).

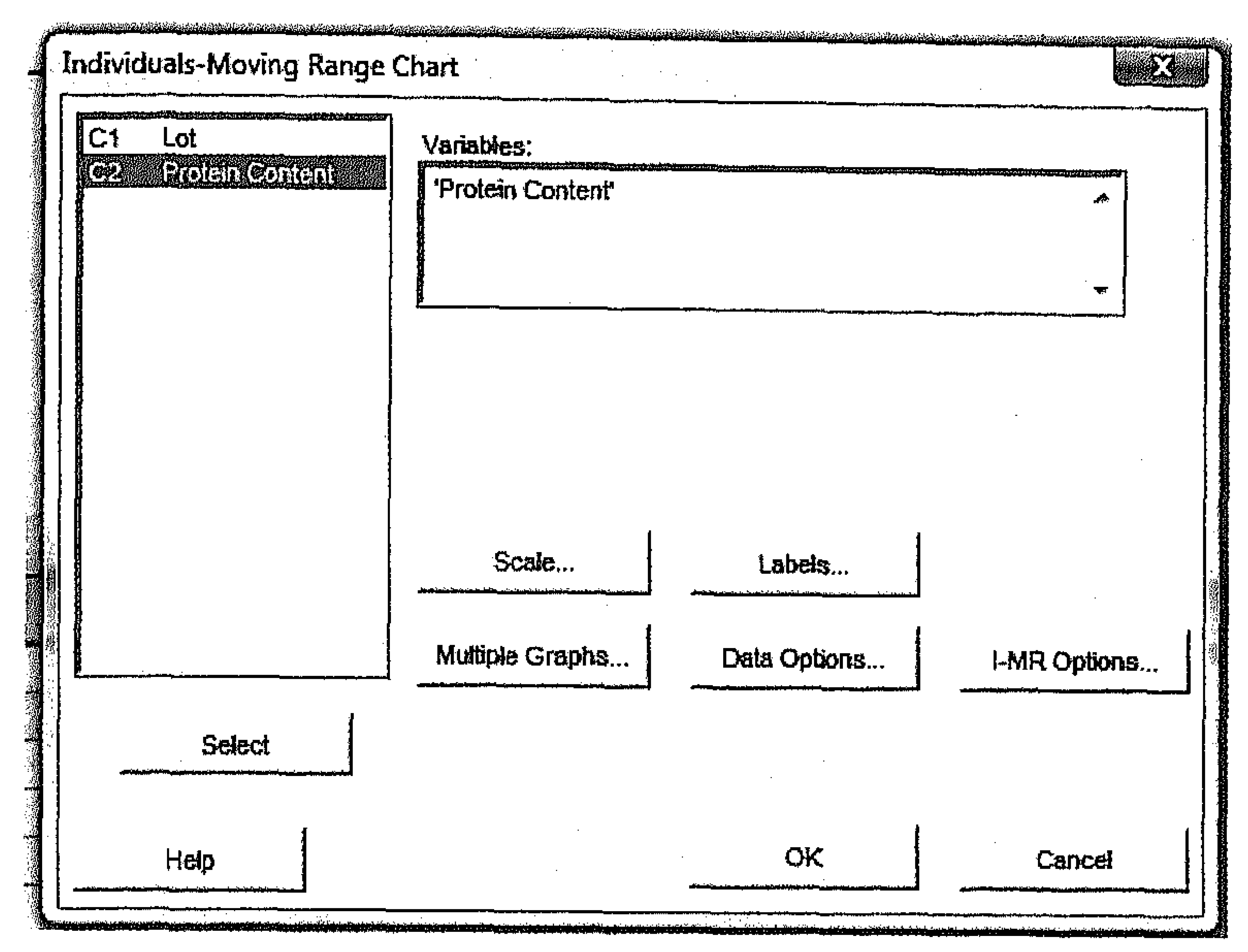


↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Lot	Protein Content							
1	1	17.47							
2	2	17.95							
3	3	18.91							
4	4	18.87							

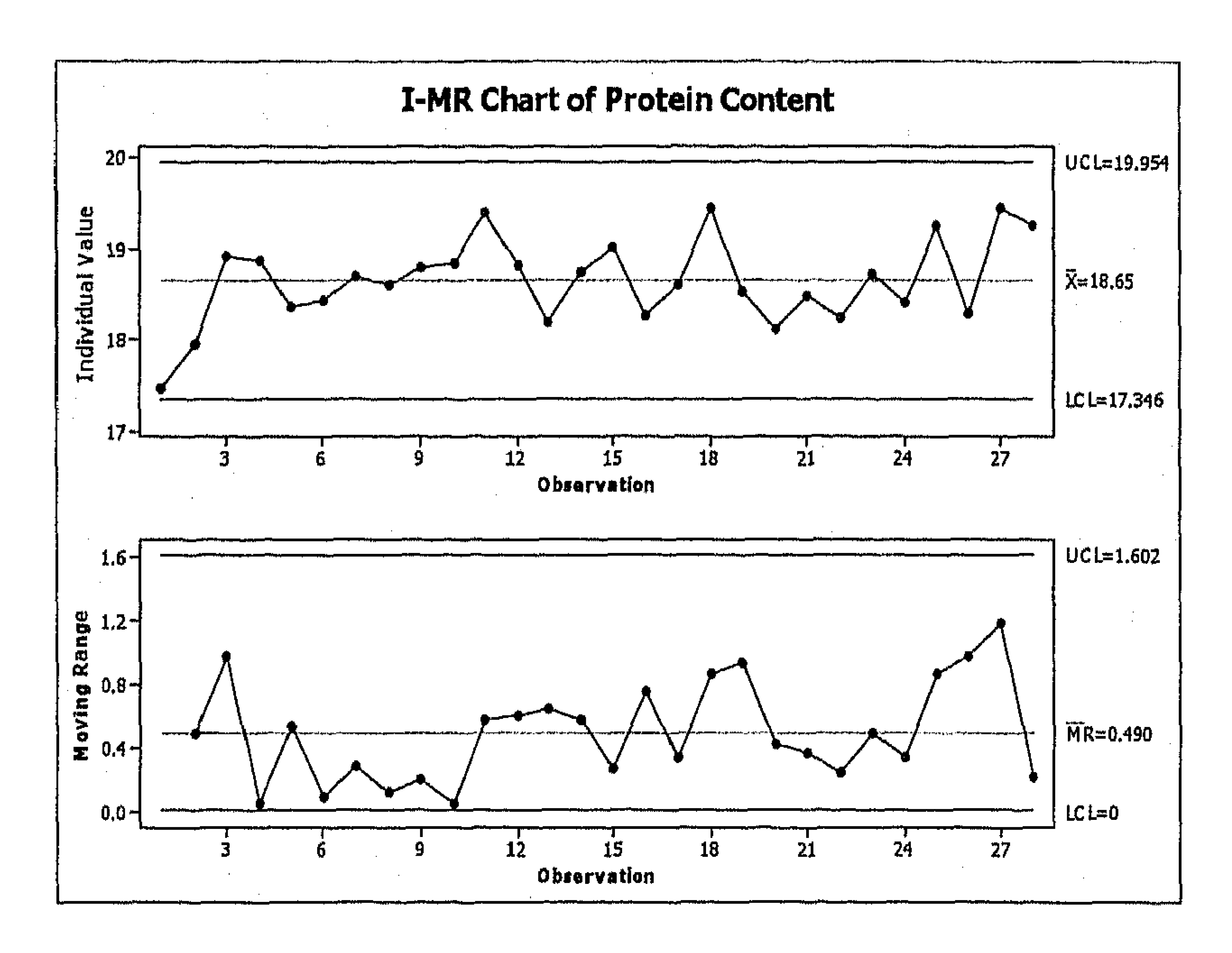
الشكل ٤-٢٧ عمل خريطة المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك (I-MR Chart) على برنامج المينيتاب

يبين الشكل (٤-٢٩) خرائط المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك للعملية الإنتاجية في مصنع الأغذية والتي تظهر بكل وضوح أن العملية مستقرة إحصائيا (Process in statistical control) ولا توجد فيها إلا التغيرات الطبيعية (Natural

(variations ولا يوجد أي مؤشر لوجود تغيرات أو إختلافات ذات أسباب خاصة (No special causes variations).



الشكل ٤-٢٨ إدخال البيانات لعمل خريطة المراقبة للقيم الفردية



الشكل ٤-٢٩ خريطة المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك

١٢-٣ خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Control Chart)

١٢-٣-١ المفهوم العام لخريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيا

تستعمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA) لاكتشاف حالات الخروج عن الضبط الإحصائي بسرعة في العملية وهي جيدة في اكتشاف التغيرات البسيطة التي قد تطرأ على القيمة المتوسطة في العملية. تعتبر خريطة (EWMA) أحسن من خريطة المراقبة للمدى والقيمة المتوسطة ($\overline{X}-R$ charts) في الاكتشاف المبكر لحالات الخروج عن الضبط الإحصائي في العملية، وتستعمل في العمليات الإنتاجية وكذلك في العمليات الخدمية (المالية والإدارية بوجه خاص) أين يصعب الحصول على عينات تحتوي على عدة ملاحظات في كل مرة. إذا في هذه الخريطة لا تستعمل سوى ملاحظة واحدة فقط (n=1) في كل عينة وقد تكون قيمة

هذه الملاحظة متوسط مجموعة من البيانات الفردية، نسب وكسور أو قياسات فردية لمتغير ما فقط.

تقوم هذه الخريطة على رسم القيم الإحصائية للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA) للملاحظة الحالية والملاحظات السابقة مع إعطاء أكثر وزنا وترجيحا للملاحظات السابقة كما هو مبين من العلاقة التالية:

$$Z_t = \lambda.x_t + (1-\lambda)Z_{t-1}$$

أين يمثل (Z_t) المتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA) في الوقت الحالي (أي في الزمن t) و(Z_{t-1}) المتوسط المتحرك المرجح أسيا في الوقت السابق مباشرة (أي في الزمن (t-1)) وتمثل نقطة البداية ($Z_0 = \mu$) : القيمة المتوسطة للعملية والتي تحسب من جميع النقاط المجمعة. (x_t) : هي الملاحظة في الزمن الحالي (t)

و λ : معامل الترجيح للملاحظة الحالية. بصفة عامة يكون هذا المعامل محصورا بين ٠ و ١ أي ($0<\lambda<1$) ويستحسن استعمال قيمة (λ) بين ٠.٢ إلى ٠.٣، في حالة ($\lambda=0.2$) فإن ٨٠% من الوزن سوف يعطى إلى الملاحظات السابقة في حين تحظى الملاحظة الحالية بنسبة ٢٠% من الترجيح، ونشير هنا أن هذه القيمة هي الأكثر استعمالا في المجالات التطبيقية لمراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية.

يكون تباين القيمة الإحصائية المتمثلة في المتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA) :

$$Var(Z_t) = \sigma_z^{\ 2} = \left(\lambda/(2-\lambda)\right).\sigma^2$$

هنا تمثل (σ) الانحراف المعياري للعملية الذي نقوم بحسابه من جميع البيانات المجمعة منها، ومنها تحسب حدود الضبط لخريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيا كما يلي:

- الحد الأعلى للضبط : $UCL = \mu + 3.\sigma\sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$
- الحد الأدنى للضبط : $LCL = \mu - 3.\sigma\sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$

ملاحظة : يمكن حساب قيمة تقريبية للانحراف المعياري للعملية من إحدى الطريقتين:

أ) في الحالة العامة إذا كانت العينة لا تحتوي إلا على ملاحظة واحدة(n=1) نستعمل العلاقة: $\sigma = \frac{\overline{MR}}{1.128}$

ب) إذا كانت العينة تحتوي على أكثر من ملاحظة واحدة (n>1) نستعمل إحدى العلاقتين : $\sigma = \frac{\overline{R}}{d_2}$ أو $\sigma = \frac{\overline{s}}{c_4}$. نلاحظ هنا أن هاتين العلاقتين مرتا علينا عندما درسنا خرائط المراقبة للمدى والانحراف المعياري في هذا الفصل.

١٢-٣-٢ الخطوات العملية لعمل خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA chart)

لعمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA) نتبع الخطوات العملية التالية:

الخطوة الأولى : نقوم بحساب القيمة التقريبية للانحراف المعياري للعملية (σ) باستعمال إحدى العلاقات السالفة الذكر ونحسب كذلك القيمة المتوسطة للعملية من البيانات المجمعة.

الخطوة الثانية : نحدد قيمة معامل الترجيح (λ) بحيث تكون (0<λ<1).

الخطوة الثالثة : نحسب قيم المتوسطات المتحركة المرجحة (Z_t) بداية من الزمن (t=1) آخذين بعين الاعتبار أن ($Z_0 = \mu$).

الخطوة الرابعة : نقوم بحساب حدود الضبط للخريطة حسب المعادلات السابقة.

الخطوة الخامسة : نرسم خريطة المراقبة بإسقاط قيم (Z_t) بدلالة رقم العينة أو الزمن (t) مع رسم الخط المركز ($Z_0 = \mu$) وحدود الضبط .

الخطوة السادسة : تحليل خريطة المراقبة لتحديد فيما إذا كانت العملية منضبطة إحصائيا (Process in control) أم لا (Process out of control).

١٢-٣-٣ مثال على عمل خريطة المراقبة (EWMA)

لتوضيح طريقة رسم خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا نقوم بتسجيل ٢٠ ملاحظة متسلسلة في الزمن من عملية إنتاجية متواصلة علما بأن المعلومات السابقة عن العملية تشير أن متوسط العملية يساوي ٥٠ والانحراف المعياري بها يساوي ٢.٠٥٤ .

الزمن	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الملاحظة	52.0	47.0	53.0	49.3	50.1	47.0	51.0	50.1	51.2	50.5
الزمن	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
الملاحظة	49.6	47.6	49.9	51.3	47.8	51.2	52.6	52.4	53.6	52.1

الجدول ٤-١٦ بيانات عن عملية إنتاجية متواصلة لرسم خريطة (EWMA)

سوف نقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية عن طريق رسم خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا، لذلك فسنتبع الخطوات التي عرضناها في الفقرة السابقة.

نلاحظ هنا أنه لدينا من تاريخ العملية كل من القيمة المتوسطة في العملية : $\mu=50$ والانحراف المعياري : $\sigma=2.054$

نحدد الآن قيمة معامل الترجيح وليكن مثلا $\lambda=0.2$ ، نلاحظ أنه بالإمكان أخذ أي قيمة أخرى بين ٠ و١.

نحسب بعد ذلك قيم: $Z_t = \lambda.x_t + (1-\lambda)Z_{t-1}$ علما بأن $Z_0 = \mu = 50$

فمثلا للزمن $t=1$ تكون قيمة Z_1:

$$Z_1 = \lambda . x_1 + (1-\lambda) Z_0$$

$$Z_1 = 0.2 \times 52.0 + (1-0.2) \times 50 = 10.4 + 40.0 = 52.47$$

وكذلك للزمن t=2 تكون قيمة Z_2:

$$Z_2 = \lambda . x_2 + (1-\lambda) Z_1$$

$$Z_2 = 0.2 \times 47.0 + (1-0.2) \times 50.4 = 48.45$$

وبنفس الطريقة نواصل مع بقية البيانات حتى آخر قيمة وهي Z_{20}.

ندون النتائج على جدول الحسابات (الجدول ٤-١٧) كما هو موضح أدناه.

الزمن	الملاحظة	المتوسط المتحرك (Z_t)
1	52	50.40
2	47	49.72
3	53	50.38
4	49.3	50.16
5	50.1	50.15
6	47	49.52
7	51	49.82
8	50.1	49.87
9	51.2	50.14
10	50.5	50.21
11	49.6	50.09
12	47.6	49.59
13	49.9	49.65
14	51.3	49.98
15	47.8	49.55
16	51.2	49.88
17	52.6	50.42
18	52.4	50.82
19	53.6	51.37
20	52.1	51.52

الجدول ٤-١٧ نتائج حساب المتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA)

حساب حدود الضبط حسب العلاقات التالية:

الحد الأعلى للضبط : $UCL = \mu + 3.\sigma \sqrt{\lambda / (2-\lambda)}$

الحد الأدنى للضبط : $LCL = \mu - 3.\sigma\sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$

قصد تبسيط عملية الحساب وتفادي الوقوع في أخطاء حسابية ينصح بحساب قيمة الجذر التربيعي أولا ومن ثم حساب حدود الضبط:

$$\sqrt{\lambda/(2-\lambda)} = \sqrt{0.2/(2-0.2)} = \sqrt{0.2/1.8} = \sqrt{0.111} = 0.333$$

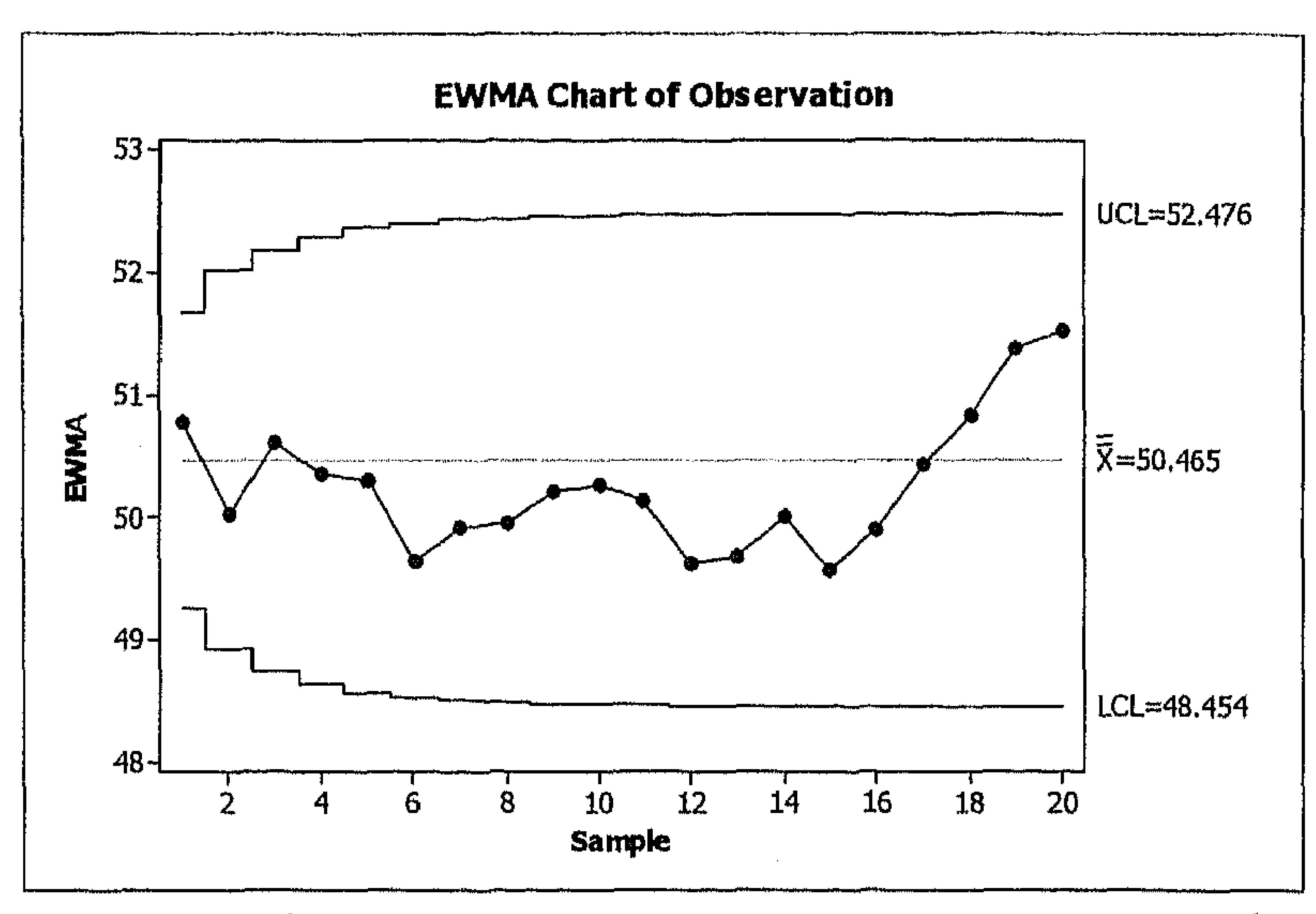
ونحسب الحد الأعلى للضبط :

$$UCL = \mu + 3.\sigma\sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$$
$$UCL = 50 + 3 \times 2.054 \times 0.333$$
$$UCL = 52.054$$

وكذلك الحد الأدنى للضبط :

$$LCL = \mu - 3.\sigma\sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$$
$$LCL = 50 - 3 \times 2.054 \times 0.333$$
$$LCL = 47.946$$

بعد أن قمنا بحساب قيم (Z_t) وحدود الضبط للخريطة نشرع الآن في رسم الخريطة وهذا بإسقاط هذه القيم (Z_t) بدلالة الزمن أو رقم العينة (t) وبإضافة حدود الضبط والخط المركز ونحصل على الخريطة المبينة على الشكل (٤-٣٠).



الشكل ٤-٣٠ خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA)

تحليل الخريطة : يتبين من خريطة المراقبة هذه أن جميع النقاط للمتوسطات المتحركة المرجحة (Z_t) تقع داخل حدود الضبط، إلا أن حدوث حالة التعاقب في إتجاه الحد الأعلى للضبط خلال الفترات الخمس الأخيرة في العملية تشير أن العملية غير منضبطة إحصائيا (Process out of Control) نتيجة أسباب خاصة (Assignable causes) يجب على فريق تحسين الجودة العمل على تحديدها وإزالتها من العملية.

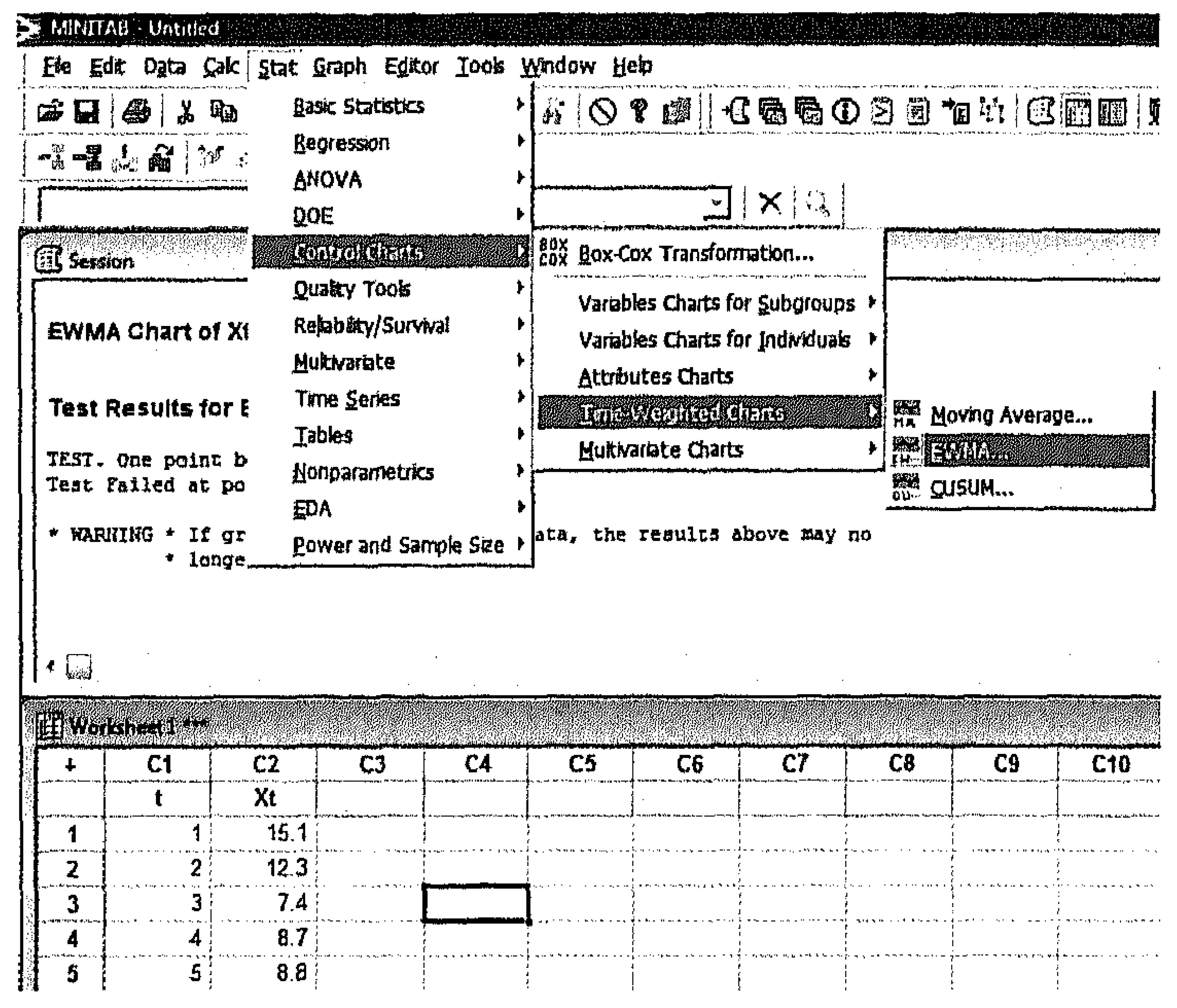
٤-٣-١٢ عمل خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيا(EWMA chart) بإستخدام برنامج المينيتاب

في إحدى العمليات الإنتاجية تم قياس خاصية الجودة للمنتج خلال ٢٠ فترة زمنية من مدة الإنتاج (الجدول ٤-١٨)، ومن خلال عمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك أسيا لهذه البيانات نود دراسة إستقرار العملية الإنتاجية.

الزمن	قيمة الخاصية (Xt)	الزمن	قيمة الخاصية (Xt)
1	15.1	11	7.6
2	12.3	12	6.2
3	7.4	13	8.2
4	8.7	14	7.8
5	8.8	15	6.8
6	11.7	16	6.1
7	10.2	17	4.3
8	11.5	18	8.5
9	11.2	19	7.7
10	10.2	20	9.7

الجدول ٤-١٨ بيانات المثال لمدة الإنتاج

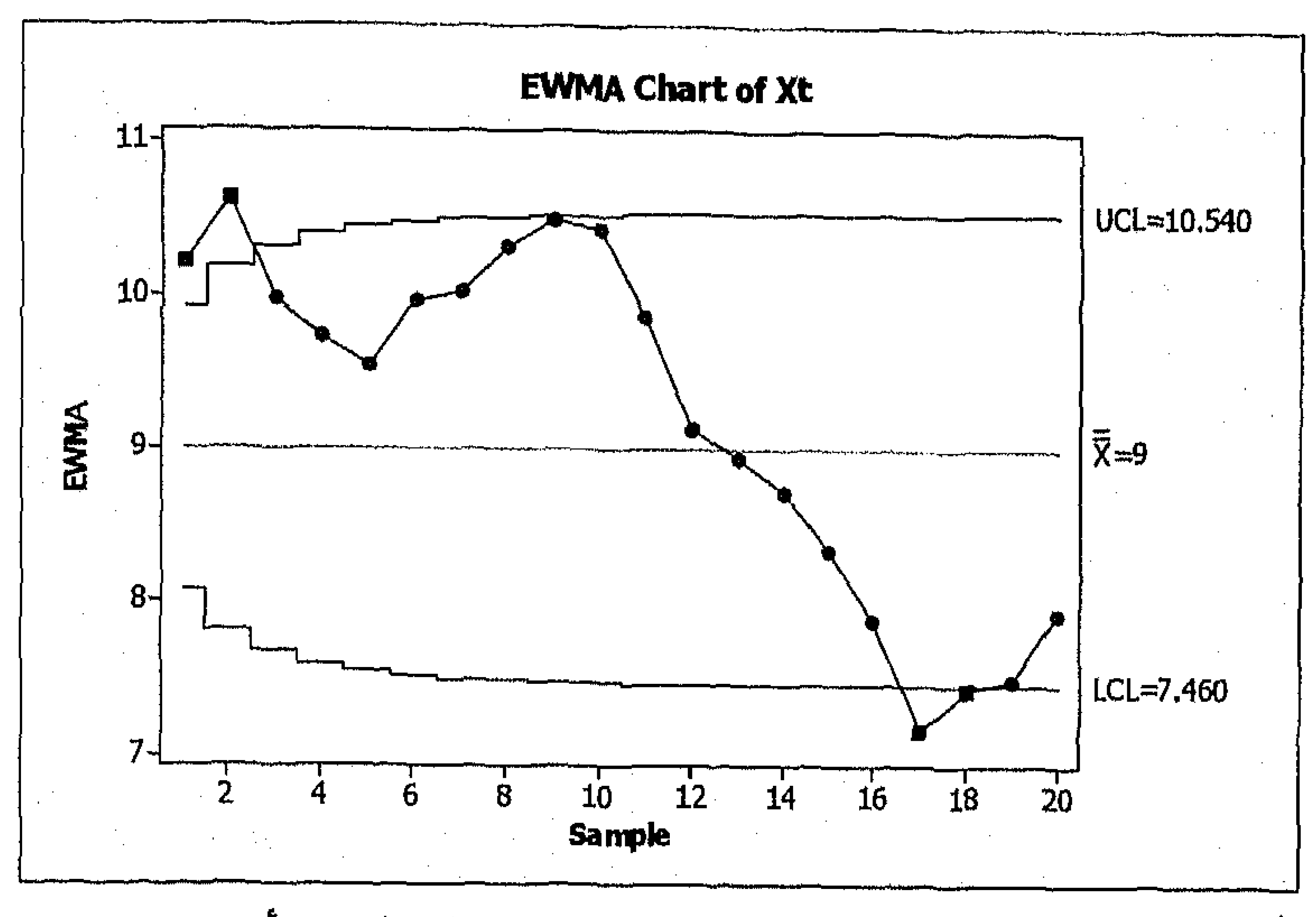
الحل : من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Time-Weighted Charts) وبعدها (EWMA) (الشكل ٤-٣١). بعدها تفتح نافذة حوار (EWMA Chart) حينها نقوم بإختيار (All observations for a chart are in one column) كون بيانات المثال موجودة في عمود واحد، ومن ثم البيانات ('observations') كما هو موضح على الشكل (٤-٣٢) ثم نختار (OK)، لنحصل على خريطة (EWMA chart) الموضحة على الشكل (٤-٣٣)



الشكل ٤-٣١ طريقة عمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا على برنامج المينيتاب

EWMA Chart
C1 t
C2 Xt
All observations for a chart are in one column:
Xt
Subgroup sizes: 1 (enter a number or ID column)
Weight of EWMA: 0.2
Scale... Labels...
Multiple Graphs... Data Options... EWMA Options...
Select
Help OK Cancel

الشكل ٤-٣٢ إدخال البيانات خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا



الشكل ٤-٣٣ خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA)

تحليل الخريطة : يتبين من خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA chart) أن هناك نقاط خارجة حدود الضبط، مما يدل أن العملية غير منضبطة إحصائيا (Process out of Control) نتيجة وجود أسباب خاصة (Assignable causes) يجب على فريق تحسين الجودة العمل على تحديدها وإزالتها من العملية.

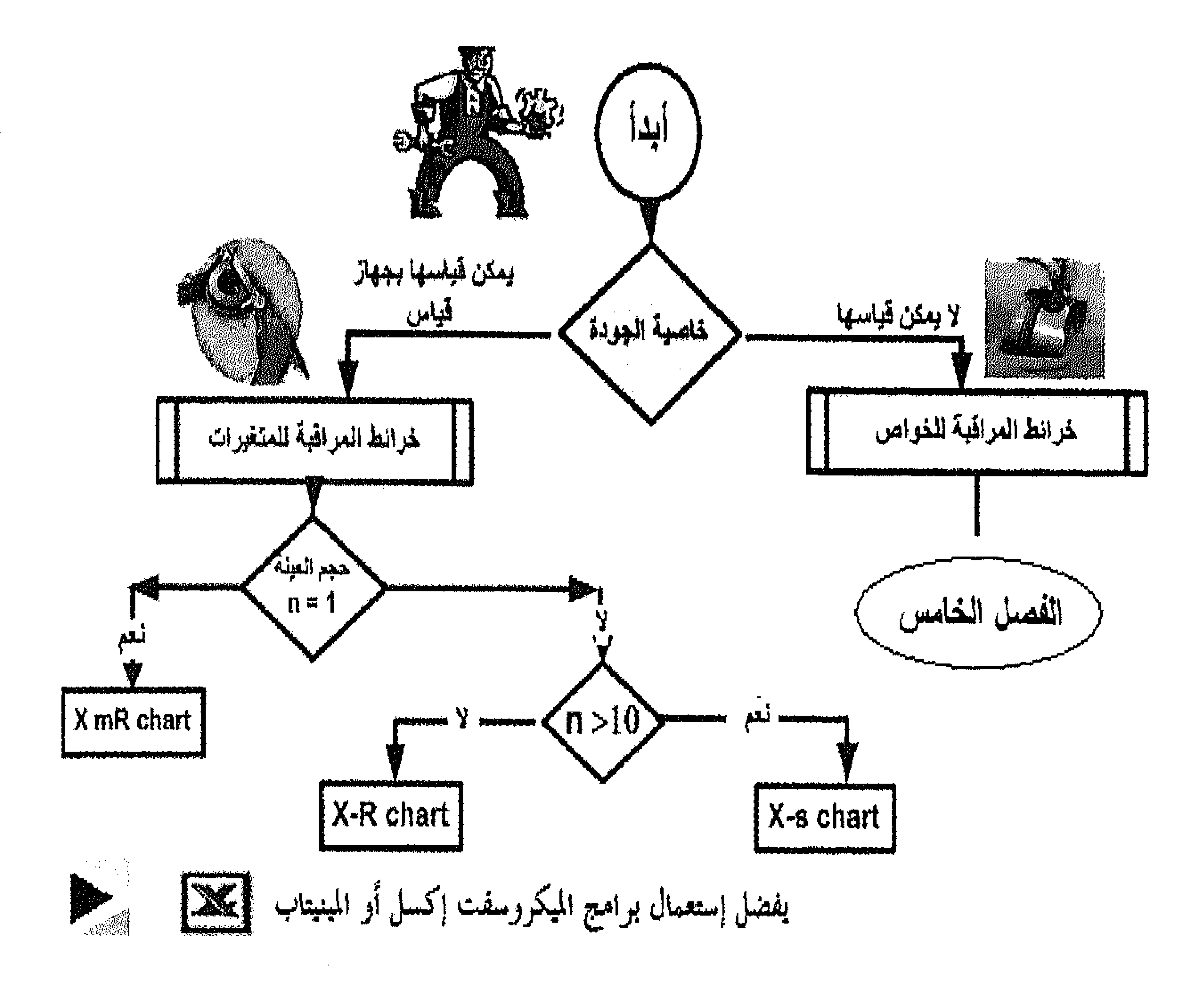
١٣ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات

لقد قمنا في هذا الفصل بعرض تقنية المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات (Control charts for variables) كما تم توضيح الطريقة العملية لإنشاء هذه الخرائط واستعمالاتها في مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية من

خلال أمثلة من الواقع العملي تشمل مجالات الصناعات الميكانيكية والغذائية وكذلك الخدمات البنكية.

يمكن استعمال الجدول (٤-١٩) والشكل (٤-٣٤) كدليل مساعد في تحديد الخريطة المناسبة للعملية التي نود مراقبتها حيث تم تلخيص أهم المعلومات التي وردت في الفقرات السابقة حول خصائص خرائط المراقبة للمتغيرات وظروف استعمالاتها، كما يقدم الجدول (٤-٢٠) ملخصا للقوانين المستعملة في حساب حدود الضبط لخرائط المراقبة للمتغيرات.

يوفر كل من برنامج الميكروسفت إكسل وبرنامج المينيتاب إمكانيات قيمة لرسم وتحليل خرائط المراقبة للمتغيرات بكل سهولة ويسر وينصح كثيرا باستعمالهما في عمل وتحليل هذه الخرائط خلال العمل على برامج التحسين المستمر للعمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية.



الشكل ٤-٣٤ المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة للمتغيرات المناسبة

خريطة المراقبة	ظروف استعمالها	حجم العينة
خرائط المتوسط والمدى ($\overline{X}-R$ charts)	وجود وحدة من المنتج أو ملاحظة من العملية. ترسم خاصية جودة واحدة. تستعمل في العمليات ذات الإنتاج الكثيف (High Production Rate Processes)	n = 2 - 8 و يستحسن n = 3 - 5
خرائط المتوسط والانحراف المعياري ($\overline{X}-s$ charts)	نفس الظروف لخريطة المدى والمتوسط. تستحسن إذا كانت الاختلافات قليلة	عادة $n \geq 10$
خريطة القيم الفردية (X-mR chart)	وجود وحدة من المنتج أو ملاحظة من العملية. ترسم خاصية جودة واحدة. تستعمل في العمليات ذات الإنتاج القليل (Low Production Rate Processes)	وحدة واحدة فقط (n = 1)
خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيا (EWMA)	ترسم خاصية جودة واحدة. الخريطة حساسة لتغيرات المتوسط في العملية. حسابات الخريطة معقدة نوعا ما وينصح باستعمال برامج حاسوبية.	بصفة عامة (n = 1) و يمكن استعمالها في حالة (n>1)

الجدول ٤-١٩ خصائص وظروف استعمال خرائط المراقبة للمتغيرات

خريطة المراقبة	الخط المركز	الحد الأدنى للضبط	الحد الأعلى للضبط
خريطة المتوسط ($\overline{X}$ chart)	$\overline{\overline{X}}$	$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2.\overline{R}$	$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2.\overline{R}$
خريطة المدى (R chart)	$\overline{R}$	$LCL_R = D_3.\overline{R}$	$UCL_R = D_4.\overline{R}$
خريطة المتوسط ($\overline{X}$ chart)	$\overline{\overline{X}}$	$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_3.\overline{s}$	$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_3.\overline{s}$
خريطة الانحراف المعياري (s chart)	$\overline{s}$	$LCL_s = B_3.\overline{s}$	$UCL_s = B_4.\overline{s}$
خريطة القيم الفردية X-mR) (chart	$\overline{X}$	$LCL_X = \overline{X} - 2.66\overline{MR}$	$UCL_X = \overline{X} + 2.66\overline{MR}$

الجدول ٤-٢٠ قوانين حساب حدود الضبط في خرائط المراقبة للمتغيرات

الفصل الخامس

المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص

١ مقدمة .

٢ أنواع خرائط المراقبة للخواص.

٣ خريطة المراقبة لعدد العيوب (c Chart).

٤ خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p Chart).

٥ خريطة المراقبة لعدد الوحدات غير المطابقة (np chart).

٦ خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart).

٧ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص.

٨ خارطة الطريق في استعمال خرائط المراقبة في عمليات التحسين.

١ مقدمة

لقد تبين لنا فيما مضى من الفصول أن الاختلافات في العمليات (Process variations) والتغيرات في خصائص المنتج أو الخدمة هي العدو للجودة ويتوجب علينا العمل على فهمها والتقليل من أثرها في العمليات. عرفنا أيضا أن خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables) تستعمل لمراقبة تغيرات خصائص الجودة (Quality characteristics) التي يمكن قياسها وتحديد كمياتها بقيم عددية ووحدات قياس مثل المتر (m) والكيلوجرام (kg) والثانية(s). فمن بين هذه الخصائص التي من الممكن قياسها نجد الوزن، الطول، الارتفاع، الزمن وإلى غير ذلك من المعاملات الفيزيائية المؤثرة على جودة المنتجات والخدمات. في كثير من العمليات الإنتاجية أو الخدمية فإنه يكون من الصعب أو غير العملي أن نحدد خاصية الجودة للمنتج أو الخدمة عن طريق عمليات القياس، ففي هذه الحالة نلجأ إلى مقارنة خاصية الجودة مع معيار أو مواصفة معينة بحيث يتم تصنيف وحدة المنتج المفحوصة على أنها وحدة مطابقة (conforming unit) أو وحدة غير مطابقة (non-conforming unit)، كما يمكن تصنيف الوحدات كوحدة معيبة (defective unit) أو وحدة غير معيبة (non-defective unit). تسمى هذه الخصائص بالخواص (attributes) ومن بينها نذكر على سبيل المثال لا الحصر عدد الوحدات المنتجة بعيب معين كالكراسي الموجودة في الفصل الدراسي بدون مسامير تثبيت أو أقلام بدون غطاء أو عدد الأخطاء الفنية في عملية ما، ونسبة الأخطاء في الفواتير وعدد شكاوي العملاء لدى مصلحة خدمية معينة. عادة ما تكون لدى المنظمات الإنتاجية والخدمية معلومات متوفرة عن هذه الخواص من خلال تقارير الفحص والاختبار أو السجلات اليومية للإنتاج أو استبيانات العملاء، ومن خلال خرائط المراقبة للخواص يمكن مراقبة العملية قصد الكشف المبكر عن أسباب وقوع مشاكل

في جودة مخرجاتها واتخاذ الإجراءات التحسينية التي تؤهل العملية لأن تكون مستقرة وقادرة على تحقيق مواصفات العميل.

٢ أنواع خرائط المراقبة للخواص

من أكثر خرائط المراقبة للخواص استعمالا في المجالات الصناعية والخدمية ما يلي:

أ- **خريطة المراقبة لعدد العيوب** (c-Chart) : تخص هذه الخريطة عدد العيوب في المنتج أو الخدمة (number of defects or non-conformities).

ب- **خريطة المراقبة لنسبة المعيب** (p-Chart) : تخص هذه الخريطة نسبة المعيب في المنتج أو الخدمة (Proportion of defective).

ت- **خريطة المراقبة لعدد الوحدات غير المطابقة** (np-Chart) : وتهدف هذه الخريطة إلى مراقبة عدد الوحدات الغير مطابقة (number of nonconforming items) في العملية الإنتاجية أو الخدمية.

ث- **خريطة المراقبة لعدد المعيب للوحدة الواحدة** (u-Chart) : تخص هذه الخريطة دراسة عدد العيوب في الوحدة الواحدة من المنتج أو الخدمة (defects per unit).

سوف يخصص هذا الفصل لعرض الأسس العلمية لهذه الخرائط وطرق إنشائها وتحليلها لمراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية عن طريق أمثلة تطبيقية.

٣ خريطة المراقبة لعدد العيوب (c Chart)

من خلال هذه الخريطة يُمكن مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية ذات البيانات الغير متصلة وذلك بحساب عدد العيوب في كل الوحدات المنتجة والمفحوصة بالعينة المدروسة (total number of non-conformities (defects) for the

(sample of inspected units). تستعمل هذه الخريطة عندما يكون عدد الملاحظات أكبر من عدد الوحدات في العينة المفحوصة. في هذه الحالة عندما يكون التركيز على عدد العيوب في الوحدة الواحدة من المنتج أو الخدمة، فإن الوحدة قد تكون سيارة أو صفيحة نحاس أو جهاز حاسب كما يمكن أن تكون قسما في منشأة خدمية أو استمارة تمت تعبئتها من طرف موظف، وتكون العيوب (non-conformities or defects) التي يمكن تحديدها في الوحدة مثلا أعداد الأخطاء الموجودة في الاستمارة أو عدد العيوب في السيارة كالخدوش على الجسم أو عدد الأجزاء الغير مثبتة بالطريقة الصحيحة.

٣-١ طريقة عمل خريطة المراقبة لعدد العيوب (c Chart)

بعد رصد نتائج الفحص على العينات المسحوبة من العملية في جدول للبيانات الخام، نقوم بعمل خريطة عدد العيوب بإتباع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى: حساب متوسط عدد العيوب $\overline{C}$

$$\overline{C} = \frac{\sum_{i=1}^{g} C_i}{g} = \frac{C_1 + C_2 + \dots\dots + C_g}{g}$$

أين تمثل (C_i) عدد العيوب في كل عينة و(g) عدد العينات المفحوصة.

يمثل متوسط عدد العيوب $\overline{C}$ الخط المركز CL للخريطة.

الخطوة الثانية : حساب **حدود الضبط لعدد العيوب** (Control Limits)

لحساب حدود الضبط لعدد العيوب يجب الإشارة إلى أن توزيع عدد العيوب يخضع للتوزيع الاحتمالي لبواسون (Poisson Distribution) الذي يعتبر حالة خاصة لتوزيع ذي حدين (Binomial Distribution)، ويتميز توزيع بواسون بكون متوسطه $\overline{C}$ يساوي تباينه (s_c^2) وبالتالي فإن الانحراف المعياري لعدد العيوب يكون :

$$\sigma = s_c = \sqrt{\overline{C}}$$

و منه نقوم بحساب حدود الضبط لعدد العيوب كما يلي:

أ- الحد الأعلى للضبط : $UCL_c = \overline{C} + z\sqrt{\overline{C}}$

ب- الحد الأدنى للضبط : $LCL_c = \overline{C} - z\sqrt{\overline{C}}$

يجب أن نلاحظ هنا أن z معامل ثابت يأخذ قيمة ٢ أو ٣ ويستعمل لتحديد الحدود المراد تحقيقها بحيث نستعمل $z = 3$ إذا أردنا العمل على حدود الضبط على ٣ أضعاف الانحراف المعياري (3σ) والتي تحقق نسبة ٩٩.٧ % مع افتراض أن توزيع بواسون يكون قريبا من التوزيع الطبيعي (Normal Distribution). لقد أثبتت بعض الدراسات أنه يستحسن في بعض الأحيان استعمال $z = 2$ في حساب حدود الضبط لعدد العيوب (حدود الضبط تحقق نسبة ٩٥.٥ %) وهذا نظرا للطابع الملتوي للتوزيع التكراري لعدد العيوب. ألاحظ هنا أننا سوف نبقى من خلال هذا الكتاب على القاعدة العامة وهي حساب حدود الضبط على حدود (3σ) إلا في بعض الحالات الخاصة التي سنشير إليها في حينها.

الخطوة الثالثة – رسم الخريطة : بعد حساب الحد الوسط $\overline{C}$ والحدود العليا والسفلى للضبط (UCLc, LCLc) نقوم برسم الخريطة وهذا بإسقاط قيم عدد العيوب على الخريطة بدلالة رقم العينة وكذلك رسم حدود الضبط.

الخطوة الرابعة – دراسة وتحليل الخريطة : نقوم بدراسة الخريطة بحيث نحدد وجود أي نقاط تقع خارج حدود الضبط أو حدوث أي نمط من التغيرات وهذا حسب ما قمنا بعرضه في الفقرة الثالثة من الفصل الرابع والخاص بمراقبة العمليات.

٣-٢ أمثلة تطبيقية لخريطة عدد العيوب

من أجل توضيح طريقة عمل خريطة المراقبة لعدد العيوب فسوف نبدأ بعرض مثال بسيط يتم حله عن طريق الحسابات اليدوية ثم بعد ذلك نعرض الطرق العملية باستخدام برامج الميكروسوفت إكسل والمينيتاب.

٣-٢-١ مثال لخريطة عدد العيوب

تقوم شركة تجارية بتصنيع ورق طباعة الجرائد، وقصد التفتيش عن جودة المنتج ومراقبة العملية التصنيعية قام مفتش الجودة بفحص ٥ لفات من الورق المنتج ورصد عدد العيوب (نقاط صبغة، أو ثقوب) الموجودة في كل لفة ورق على الجدول (٥-١).

اللفة	1	2	3	4	5
عدد العيوب	16	21	17	22	24

الجدول ٥-١ عدد العيوب في لفات الورق

من خلال خريطة المراقبة لعدد العيوب سوف نقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية للشركة ولهذا فسوف نقوم بتتبع الخطوات التي ذكرناها في الفقرة السابقة.

الخطوة الأولى : نقوم **بحساب متوسط عدد العيوب** في كل الوحدات المفحوصة والذي يمثل الخط المركز:

$$\overline{C} = \frac{\sum_{i=1}^{k} C_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^{5} C_i}{5} = \frac{16+21+17+22+24}{5}$$

$$\overline{C} = \frac{100}{5} = 20$$

الخطوة الثانية : حساب حدود الضبط

قيمة الانحراف المعياري هي : $\sigma = s_c = \sqrt{\overline{C}} = \sqrt{20} = 4.472$

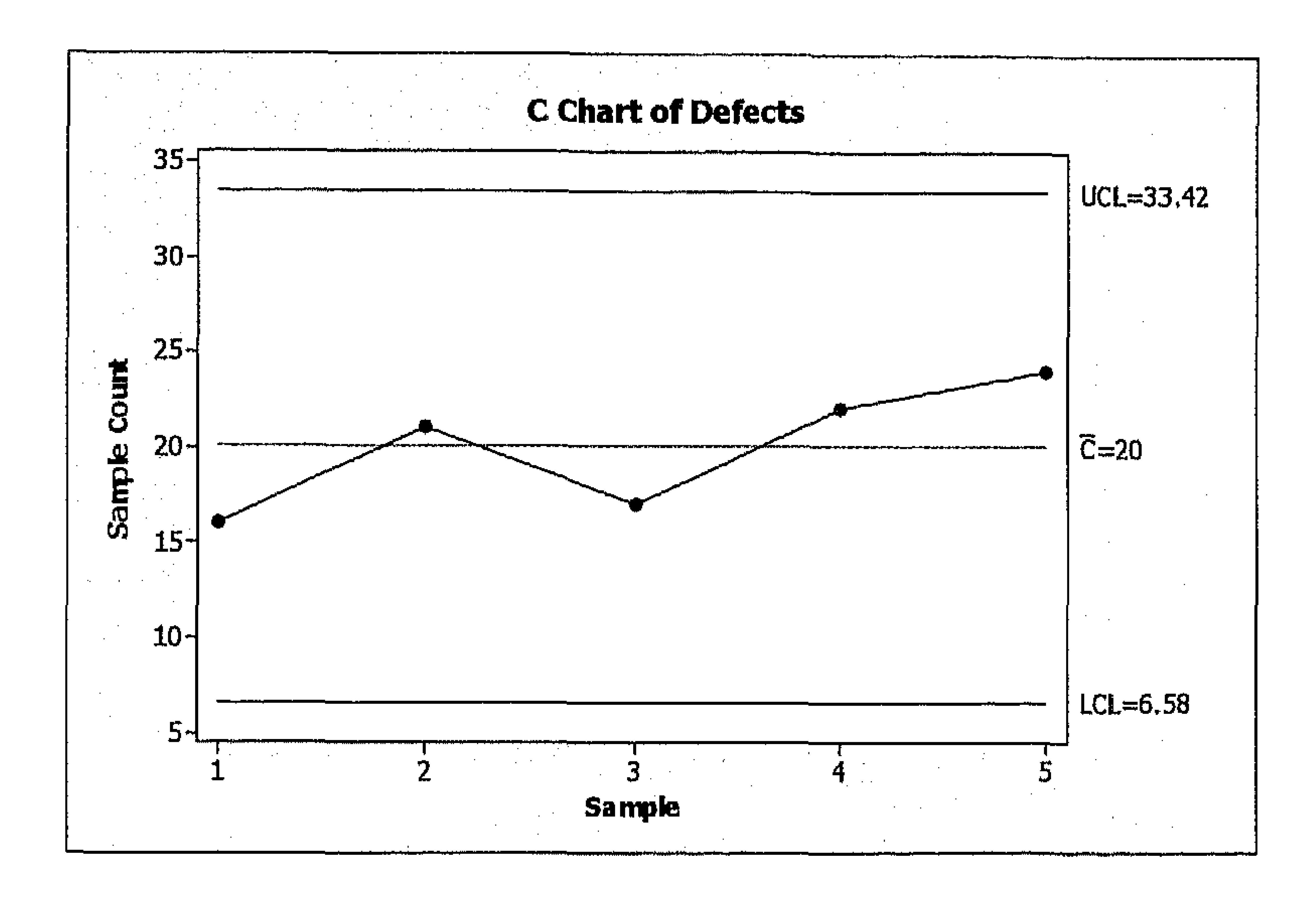
نقوم بحساب حدود للضبط في مجال (3σ)، ويكون الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_c = \overline{C} + 3\sqrt{\overline{C}}$$
$$UCL_c = 20 + 3 \times 4.472$$
$$UCL_c = 33.42$$

و الحد الأدنى للضبط :

$$LCL_c = \overline{C} - 3\sqrt{\overline{C}}$$
$$LCL_c = 20 - 3 \times 4.472$$
$$LCL_c = 6.58$$

الخطوة الثالثة : نقوم **برسم خريطة المراقبة** وهذا بإسقاط عدد العيوب C_i بدلالة رقم العينة وكذلك رسم كل من الخط المركز CL والحد الأعلى للضبط UCL_c والحد الأدنى للضبط LCL_c كما هو موضح على الشكل (٥-١).



الشكل ٥-١ خريطة عدد العيوب لمثال شركة ورق طباعة الجرائد

الخطوة الرابعة – دراسة الخريطة : من خلال خريطة المراقبة لعدد العيوب الموضحة على الشكل (٥–١) يمكن أن نلاحظ أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وأن التغيرات في العملية الإنتاجية هي تغيرات طبيعية ولا يوجد أي مؤشر لوقوع أسباب خاصة في العملية. من هذا يمكن استخلاص أن العملية منضبطة إحصائيا (in statistical control) ومستقرة (stable process) ويمكن استعمال حدود الضبط هذه كمعايير لمراقبة العملية وضبطها في المستقبل.

٣–٢–٢ عمل خريطة عدد العيوب على برنامج الميكروسفت إكسل

تقوم شركة لتصنيع ديكور المنازل بإنتاج أحجار مربعة الشكل وعليها نقوشات تزيينية ونظرا لزيادة الطلب على منتجاتها، قررت إدارة الشركة استعمال أساليب الضبط الإحصائي للعمليات (Statistical Process Control) لمراقبة عملياتها التصنيعية. قام مفتش الجودة لدى الشركة بسحب ٤٠ عينة من المنتج بحيث تحتوي العينة على ٦ قطع منتجة خلال ساعة زمن ورصد عدد العيوب في الوحدات الستة (العيوب هي خدوش أو عدم تناسق في النقوشات) على الجدول (٥–٢). من خلال عمل خريطة عدد العيوب (c-Chart) عن طريق برنامج الميكروسوفت اكسل سوف نقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية للشركة.

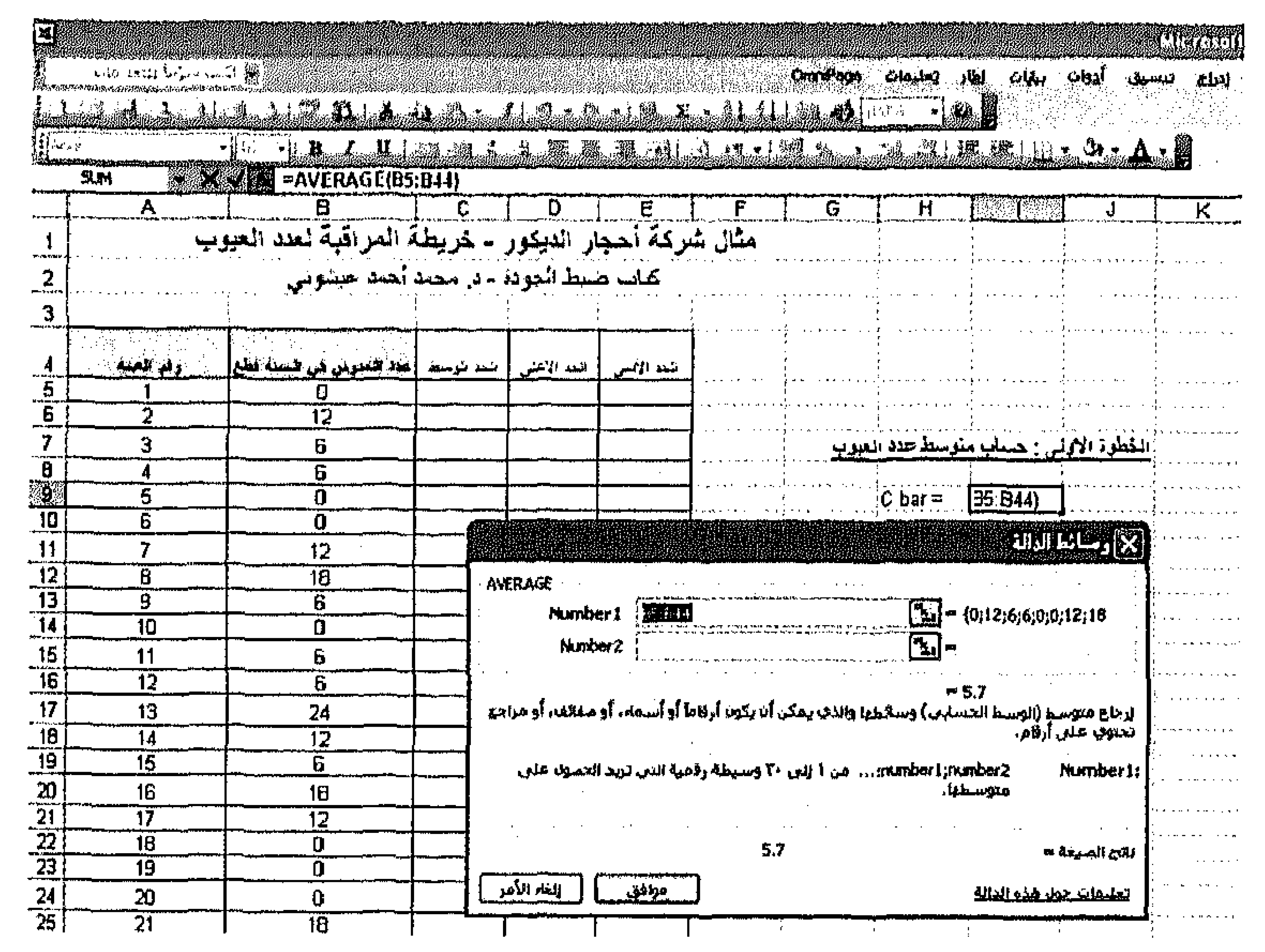
أولا نفتح ورقة عمل إكسل جديدة ونقوم بإدخال بيانات الجدول (٥–٢) بحيث نسجل أرقام العينات في العمود A وعدد العيوب في كل عينة في العمود B كما هو موضح على الشكل (٥–٢). يستحسن هنا إضافة عنوان للمثال في بداية الورقة وبعض العبارات التوضيحية حتى يتسنى لك عزيزي القارئ الرجوع إلى المثال بسهولة في أي وقت تشاء.

نبدأ الآن **بحساب متوسط عدد العيوب** $\overline{C}$ وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية (f_x). سوف نضع نتيجة متوسط عدد العيوب في الخلية (I9) وهذا بالنقر عليها

بالفأرة. نضغط بالفأرة في خانة شريط الصيغ ونكتب = ونختار الدالة (AVERAGE) التي تمثل القيمة المتوسطة لمجموعة بيانات التي نقوم بتحديد مجالها (B5:B44) بالضغط على الفأرة، ومن ثم نضغط على موافق أو (Enter) ونحصل على النتيجة ($\overline{C} = 5.7$)، ويوضح الشكل (٥-٢) هذه العملية.

رقم العينة	عدد الخدوش في ٦ قطع	رقم العينة	عدد الخدوش في ٦ قطع
1	0	21	18
2	12	22	0
3	6	23	6
4	6	24	0
5	0	25	6
6	0	26	12
7	12	27	0
8	18	28	0
9	6	29	6
10	0	30	0
11	6	31	0
12	6	32	6
13	24	33	6
14	12	34	0
15	6	35	0
16	18	36	6
17	12	37	12
18	0	38	0
19	0	39	0
20	0	40	6

الجدول ٥-٢ بيانات عدد العيوب في وحدات قطع الديكور المنزلي



الشكل ٥-٢ إدخال البيانات في ورقة إكسل وحساب متوسط عدد العيوب

بنفس الطريقة نقوم **بحساب قيمة الانحراف المعياري** ونضع قيمته في الخلية (I13) ونستعمل الصيغة : (SQRT(I9 = وتكون النتيجة sc=2.387

في الخلية (I18) **نحسب الحد الأعلى للضبط** باستعمال الصيغة : I13*3 + I9 = و تكون النتيجة UCLc = 12.862

في الخلية (I21) **نحسب الحد الأدنى للضبط** باستعمال الصيغة : I13*3 - I9 = و تكون النتيجة LCLc = -1.4624 وبما أن القيمة سالبة وهذا غير ممكن منطقيا فإننا نأخذ قيمة LCLc = 0.

يستحسن تسجيل قيم كل من $\overline{C}$ وUCLc و LCLc في خلايا الأعمدة C, D وE على التوالي وهذا لاستعمالها في رسم الخريطة كما هو موضح على الشكل (٥-٣).

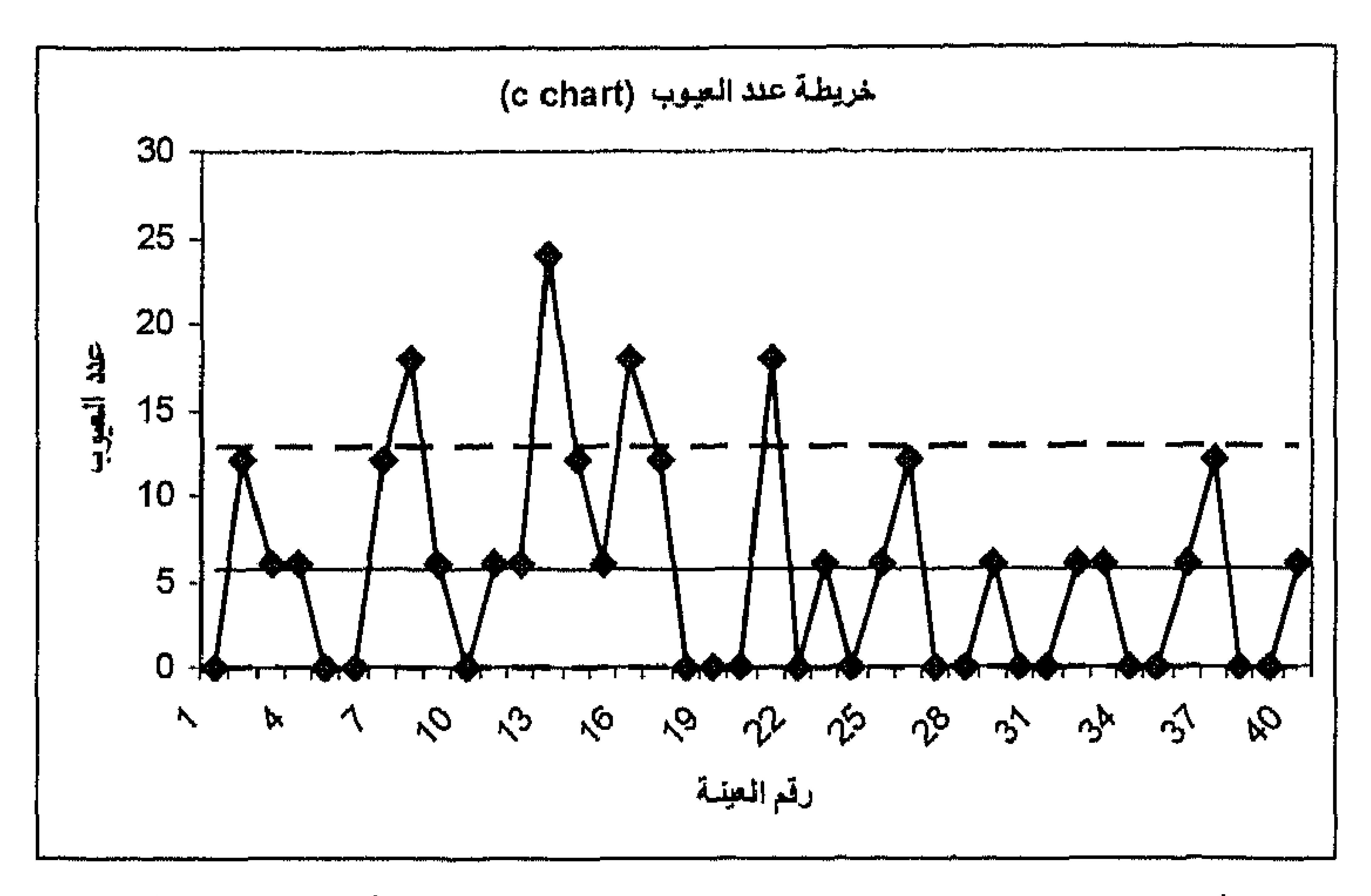
مثال شركة أحجار الديكور - خريطة المراقبة لعدد العيوب

كتاب ضبط الجودة - د. محمد أحمد عيشوني

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4	رقم العينة	عدد العيوب في العينة قطع	الحد الوسط	الحد الأعلى	الحد الأدنى					
5	1	0	5.7	12.86	0					
6	2	12	5.7	12.86	0					
7	3	6	5.7	12.86	0		الخطوة الاولى : حساب متوسط عدد العيوب			
8	4	6	5.7	12.86	0					
9	5	0	5.7	12.86	0			C bar =	5.7	
10	6	0	5.7	12.86	0					
11	7	12	5.7	12.86	0		الانحراف المعياري لعدد العيوب			
12	8	18	5.7	12.86	0					
13	9	6	5.7	12.86	0			Sc =	2.387467	
14	10	0	5.7	12.86	0					
15	11	6	5.7	12.86	0		الخطوة الثانية : حساب حدود الضبط			
16	12	6	5.7	12.86	0					
17	13	24	5.7	12.86	0			الحد الأعلى للضبط		
18	14	12	5.7	12.86	0			UCLc =	12.8624	
19	15	6	5.7	12.86	0					
20	16	18	5.7	12.86	0			الحد الأدنى للضبط		
21	17	12	5.7	12.86	0			LCLc =	-1.4624	
22	18	0	5.7	12.86	0			LCLc =	0	
23	19	0	5.7	12.86	0					
24	20	0	5.7	12.86	0		الخطوة الثالثة : رسم الخريطة (chart)			
25	21	18	5.7	12.86	0					

الشكل ٥-٣ حساب حدود الضبط وتهيئة الجدول لرسم خريطة عدد العيوب

بعد ذلك ننتقل إلى **الخطوة الثالثة** والخاصة **برسم الخريطة** وهذا باستعمال معالج التخطيطات (Chart Wizard) أين نختار نوع التخطيط خطي لملاءمة استعماله. سوف نتبع الأوامر التي تصدر عن المعالج وهذا بتحديد البيانات وإجراء التنسيقات المناسبة للخريطة ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٥-٤).



الشكل ٥-٤ خريطة المراقبة لعدد العيوب في أحجار الديكور

الخطوة الرابعة – دراسة وتحليل الخريطة: يلاحظ من خريطة المراقبة لعدد العيوب وجود ٤ نقاط خارجة حدود الضبط، بحيث أن هذه الأربع عينات يوجد بها عدد إجمالي للعيوب أكبر من الحد الأعلى للضبط. يعتبر هذا مؤشرا قويا على وجود تغيرات تعود لأسباب خاصة (special causes variations) تؤدي إلى عدم استقرار العملية الإنتاجية (Unstable Process) وعلى الطاقم الفني والإداري القائم على العملية مراجعة سجلات العمليات للبحث عن الأسباب التي أدت إلى حدوث هذه النقاط خارج حدود الضبط، وإذا تم تحديد هذه الأسباب الخاصة وإزالتها يمكن إعادة حساب حدود ضبط جديدة وهذا بحذف الأربع نقاط الخارجة عن حدود الضبط واستعمال القيم ٣٦ الباقية. من خلال دراسة الخريطة يمكن كذلك ملاحظة أن العملية توجد في حالة ضبط إحصائي (Process in statistical control) بعد العينة ٢٢ بحيث لا توجد إلا التغيرات الطبيعية (Common causes variations) في العملية ومنه يمكن للقائمين على العملية الإنتاجية أن يقوموا بسحب ١٥ عينة إضافية مثلا وإعادة حساب حدود ضبط جديدة.

٣-٢-٣ عمل خريطة عدد العيوب باستخدام برنامج المينيتاب

لاحظ مدير العمليات في شركة نقل جوي داخلية أن هناك مشكل مع تزايد أعداد المسافرين الذين يحملون معهم أمتعة يدوية داخل الطائرة. طلب من موظفيه تجميع بيانات خاصة عن أعداد الحقائب التي تم حملها داخل الطائرة يوميا ولفترة شهر وكانت النتيجة البيانات الموضحة على الجدول التالي:

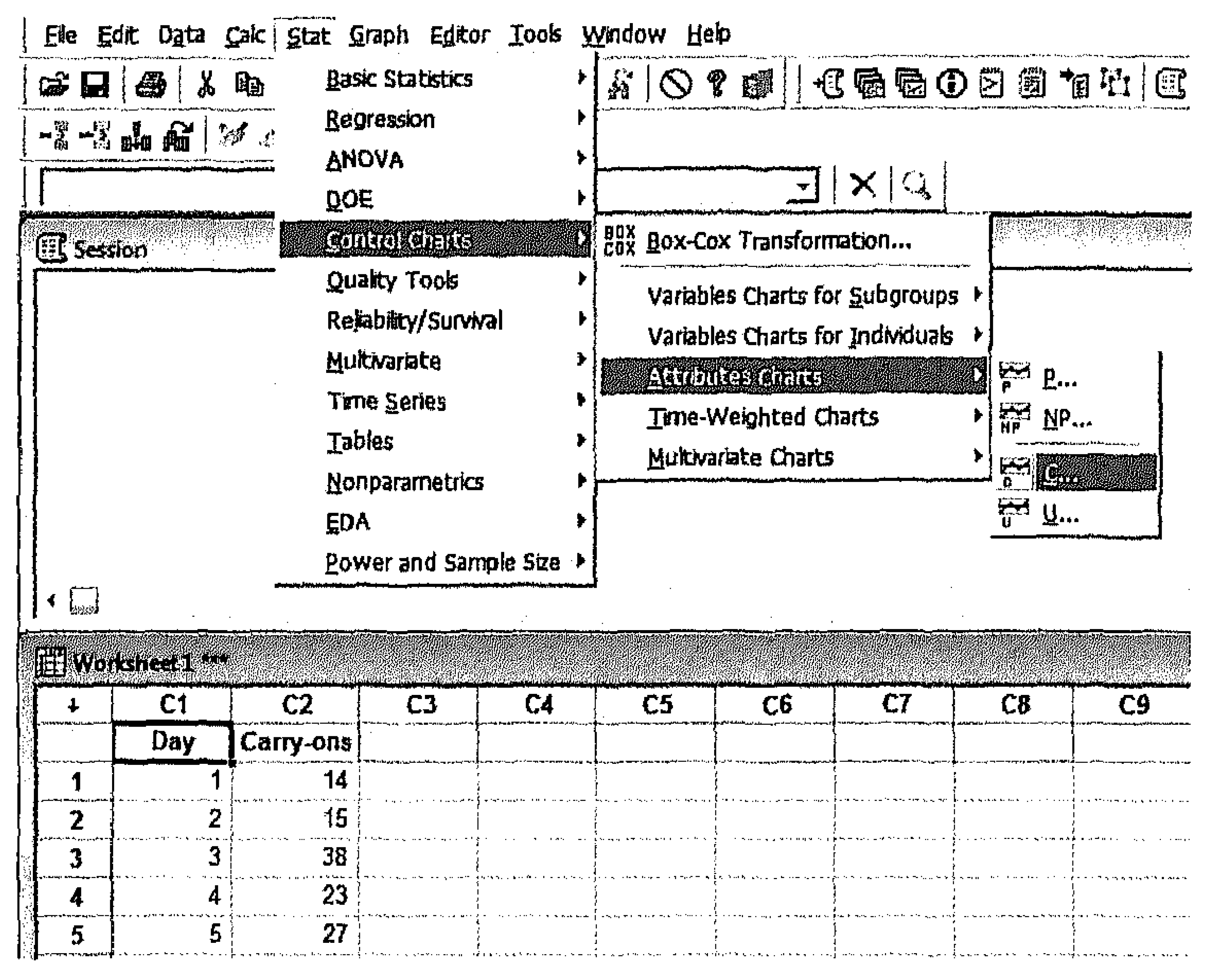
عدد الأمتعة المحمولة	اليوم	عدد الأمتعة المحمولة	اليوم
27	16	14	1
28	17	15	2
42	18	38	3
29	19	23	4
30	20	27	5
35	21	23	6
41	22	28	7
50	23	19	8
37	24	26	9
40	25	14	10
42	26	23	11
13	27	28	12
47	28	35	13
14	29	29	14
50	30	13	15

الجدول ٥-٣ عدد الأمتعة المحمولة داخل مقصورة الطائرة

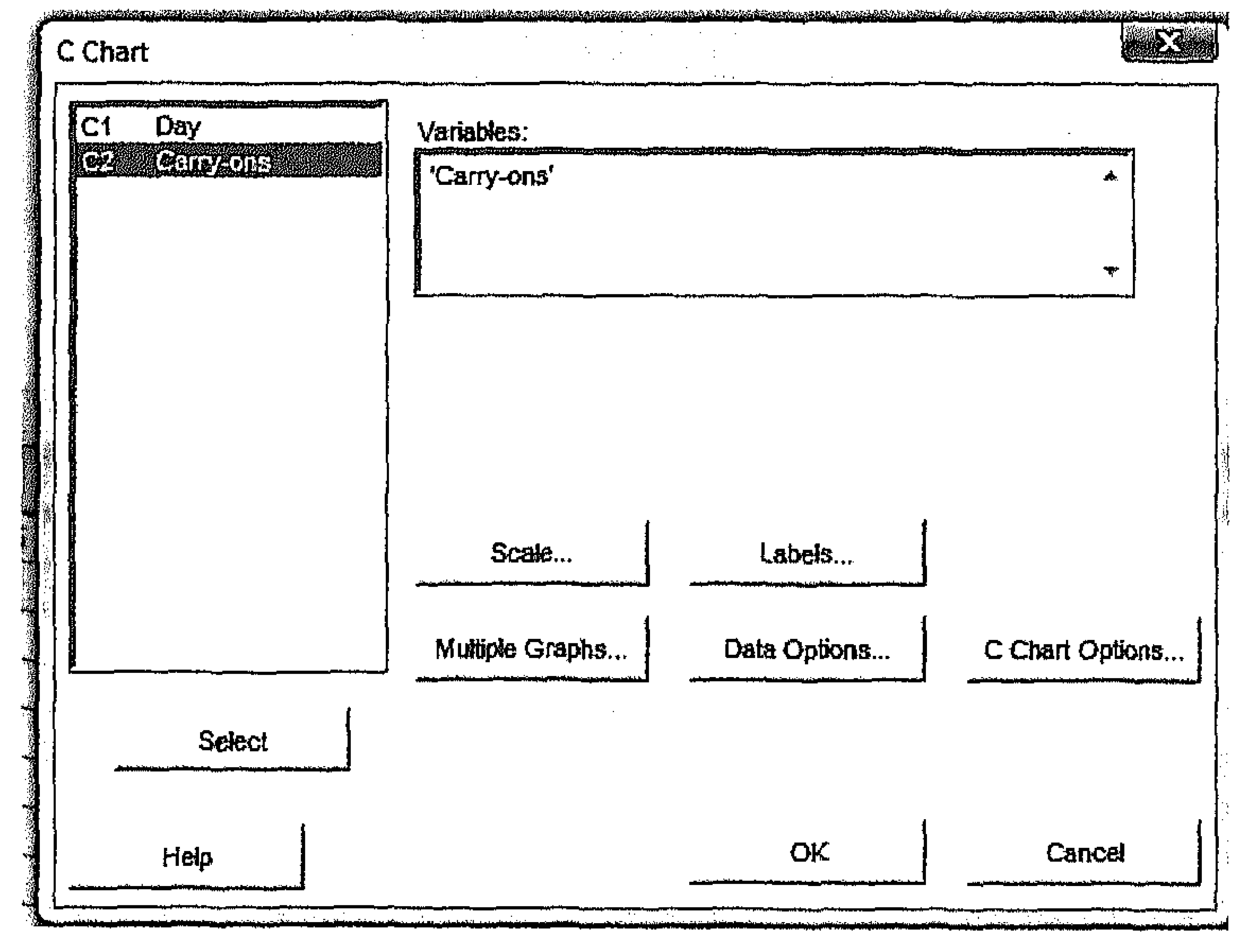
من خلال برنامج المينيتاب سنقوم برسم خريطة عدد الحقائب التي تحمل داخل الطائرة يوميا (c chart) وندرس إستقرار العملية إحصائيا.

الحل : بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Attributes Charts) ثم (C...). بعدها تفتح نافذة حوار (C Chart) حينها نقوم بإختيار البيانات ('carry-ons') في (Variables) كما هو موضح على

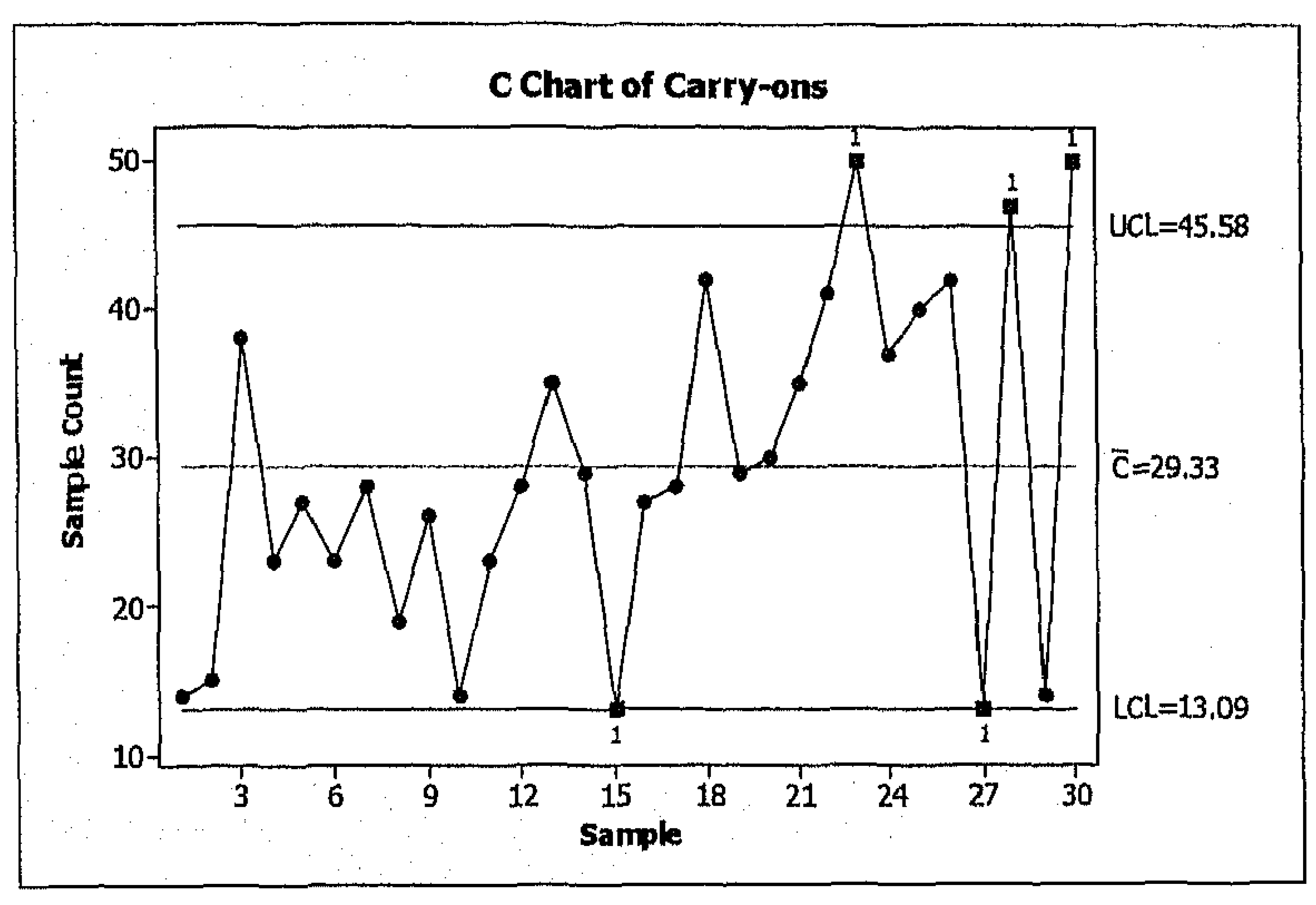
الشكل (الشكل ٥-٥ و ٥-٦) ثم نختار (OK). لنحصل على خريطة عدد الحقائب (C Chart) لعدد الحقائب المحمولة في مقصورة الطائرة (الشكل ٥-٧).



الشكل ٥-٥ عمل خريطة عدد العيوب على برنامج المينيتاب



الشكل ٥-٦ إدخال بيانات على برنامج المينيتاب



الشكل ٥–٧ خريطة المراقبة لعدد الحقائب المحمولة في مقصورة الطائرة

يلاحظ من خلال الخريطة أن العملية غير مستقرة إحصائيا (Out of statistical control) وهذا لوجود ثلاث نقاط أعلى من الخط الأعلى للمراقبة، ومنه فعلى الإدارة العمل على الكشف عن الأسباب التي أدت إلى ذلك وإزالتها من العملية حتى توفر أكثر راحة وأمنا للمسافرين على متن طائراتها.

٤ خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p Chart)

تستعمل خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p chart) التي يطلق عليها بعض الباحثين خريطة نسبة المعيب للعينة المتغيرة (القزاز، ١٩٩٧) في حالة سحب عينات ذات أحجام متغيرة أو ثابتة في حين يقتصر استعمال خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) في حالة ما إذا كان حجم العينة ثابتا فقط. وبالمقارنة مع خريطة المراقبة لعدد العيوب (c chart) التي تم التطرق إليها في الفقرة السابقة فإن

خريطة المراقبة لنسبة المعيب تستعمل في حالة إذا كان عدد الملاحظات أصغر من عدد الوحدات المفحوصة في العينة.

٤-١ خطوات عمل خريطة نسبة المعيب

لعمل هذه الخريطة نقوم بسحب عدد (g) من العينات من العملية المراد مراقبتها ويتم فحص الوحدات ويرصد عدد الوحدات الغير مطابقة (أو المعيبة) (non conforming or defective units) في كل عينة وتسجل على جدول البيانات. تتم عملية رسم خريطة المراقبة لنسبة المعيب باتباع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى: نقوم **بحساب نسبة المعيب في كل عينة** (p) وهو ناتج قسمة عدد الوحدات المعيبة في كل عينة (x_i) على عدد الوحدات في كل عينة مفحوصة (n_i):

$$p_i = \frac{x_i}{n_i}$$

ثم نقوم **بحساب متوسط نسبة المعيب** $\overline{p}$:

$$\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{g} p_i}{g}$$

يجب التأكيد هنا أن (g) تمثل عدد العينات المفحوصة و(p_i) تمثل نسبة المعيب في كل عينة.

الخطوة الثانية : حساب حدود الضبط لنسبة المعيب (Control Limits)

من المعلوم أن توزيع نسبة المعيب في العمليات الإنتاجية والخدمية يكون توزيعا احتماليا ذي حدين (Binomial Distribution) مع معاملاته (n,p) بحيث (p) هو احتمال أن تكون الوحدة المنتجة غير مطابقة للمواصفة من بين (n) وحدة في العينة المدروسة . في هذه الحالة وتحت الظروف العادية لسير العملية، فإن متوسط التوزيع هو : $\mu = \overline{p}$

و التباين (σ_p^2) :

$$\sigma_p^{\ 2} = \frac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}$$

و بالتالي فإن الانحراف المعياري لنسبة المعيب هو :

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}}$$

و منه نقوم بحساب حدود الضبط لنسبة المعيب على النحو التالي:

أ- **الحد الأعلى للضبط لنسبة المعيب:**

$$UCL_p = \overline{p} + 3.\sigma_p$$

$$UCL_p = \overline{p} + 3\sqrt{\frac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}}$$

ب- **الحد الأدنى للضبط لنسبة المعيب:**

$$LCL_p = \overline{p} - 3.\sigma_p$$

$$LCL_p = \overline{p} - 3\sqrt{\frac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}}$$

يجب أن نلاحظ هنا عزيزي القارئ أن (n) تمثل عدد الوحدات المفحوصة في كل عينة وقد تكون ثابتة ($n=^{cte}$) أو متغيرة ($n=n_i$) حسب الحالة المدروسة. ففي الحالة الأولى نحصل على حدود ضبط ثابتة لجميع العينات في حين نحصل في الحالة الثانية على حدود ضبط متغيرة لكل عينة، وسوف يتم توضيح الفكرة من خلال أمثلة.

الخطوة الثالثة – رسم الخريطة : بعد حساب متوسط نسبة المعيب $\overline{p}$ الذي يمثل الخط المركز للخريطة والحدود العليا والسفلى للضبط (UCLp, LCLp) نقوم برسم الخريطة وهذا بإسقاط قيم نسبة المعيب على الخريطة بدلالة رقم العينة وكذلك رسم حدود الضبط.

الخطوة الرابعة – دراسة وتحليل الخريطة : نقوم بدراسة الخريطة بحيث نحدد وجود أي نقاط تقع خارج حدود الضبط أو حدوث أي نمط من التغيرات وهذا حسب ما قمنا بعرضه في الفقرة ٣ من الفصل الرابع والخاص بمراقبة العمليات.

٤-٢ أمثلة تطبيقية عن خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p chart)

٤-٢-١ مثال عن خريطة المراقبة لنسبة المعيب مع الحل اليدوي

لدى شركة صناعية تصنع قطع ميكانيكية دقيقة لمحركات الديزل، ومن أجل مراقبة عمليتها الإنتاجية قام مفتش الجودة بسحب ١٠ عينات على فترات مختلفة بحيث تحتوي كل عينة على ١٠٠ قطعة ثم قام بفحصها وهذا بمقارنتها مع محدد قياس يمثل المواصفة القياسية ورصد عدد الوحدات الغير مطابقة لهذه المواصفة على جدول البيانات (٥-٤).

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
عدد القطع غير المطابقة	5	2	3	8	4	1	2	6	3	4

جدول ٥-٤ بيانات عدد القطع الغير مطابقة في شركة الديزل

من خلال هذه البيانات نود دراسة استقرار العملية الإنتاجية للشركة، لهذا فسنقوم بعمل وتحليل خريطة المراقبة لنسبة المعيب حسب الخطوات التالية:

الخطوة الأولى : من معطيات المثال نلاحظ أن عدد الوحدات في كل العينات ثابتا وهو $n = 100$ وأن عدد العينات المدروسة : $g = 10$

نقوم **بحساب نسبة المعيب** وهي حاصل قسمة عدد الوحدات الغير مطابقة في كل عينة على عدد الوحدات في كل عينة (حجم العينة)، فمثلا نحسب نسبة المعيب للعينات ١ و٢ و١٠ كما يلي :

$$p_1 = \frac{5}{100} = 0.05$$

$$p_2 = \frac{2}{100} = 0.02$$

....

$$p_{10} = \frac{4}{100} = 0.04$$

نسجل نتائج حساب نسبة المعيب لجميع العينات كما هو موضح على الجدول (٥-٥).

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
عدد المعيب	5	2	3	8	4	1	2	6	3	4
نسبة المعيب	0.05	0.02	0.03	0.08	0.04	0.01	0.02	0.06	0.03	0.04

جدول ٥–٥ نتائج حساب نسبة المعيب في شركة الديزل

ونحسب بعد ذلك **متوسط نسبة المعيب :**

$$\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{g} p_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_i}{10}$$

$$\overline{p} = \frac{0.05 + 0.02 + 0.03 + 0.08 + 0.04 + 0.01 + 0.02 + 0.06 + 0.03 + 0.04}{10}$$

$$\overline{p} = 0.038$$

الخطوة الثانية : حساب حدود الضبط

الحد الأعلى للضبط لنسبة المعيب:

$$UCL_p = \overline{p} + 3\sqrt{\frac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}}$$

$$UCL_p = 0.038 + 3\sqrt{\frac{0.038(1-0.038)}{100}}$$

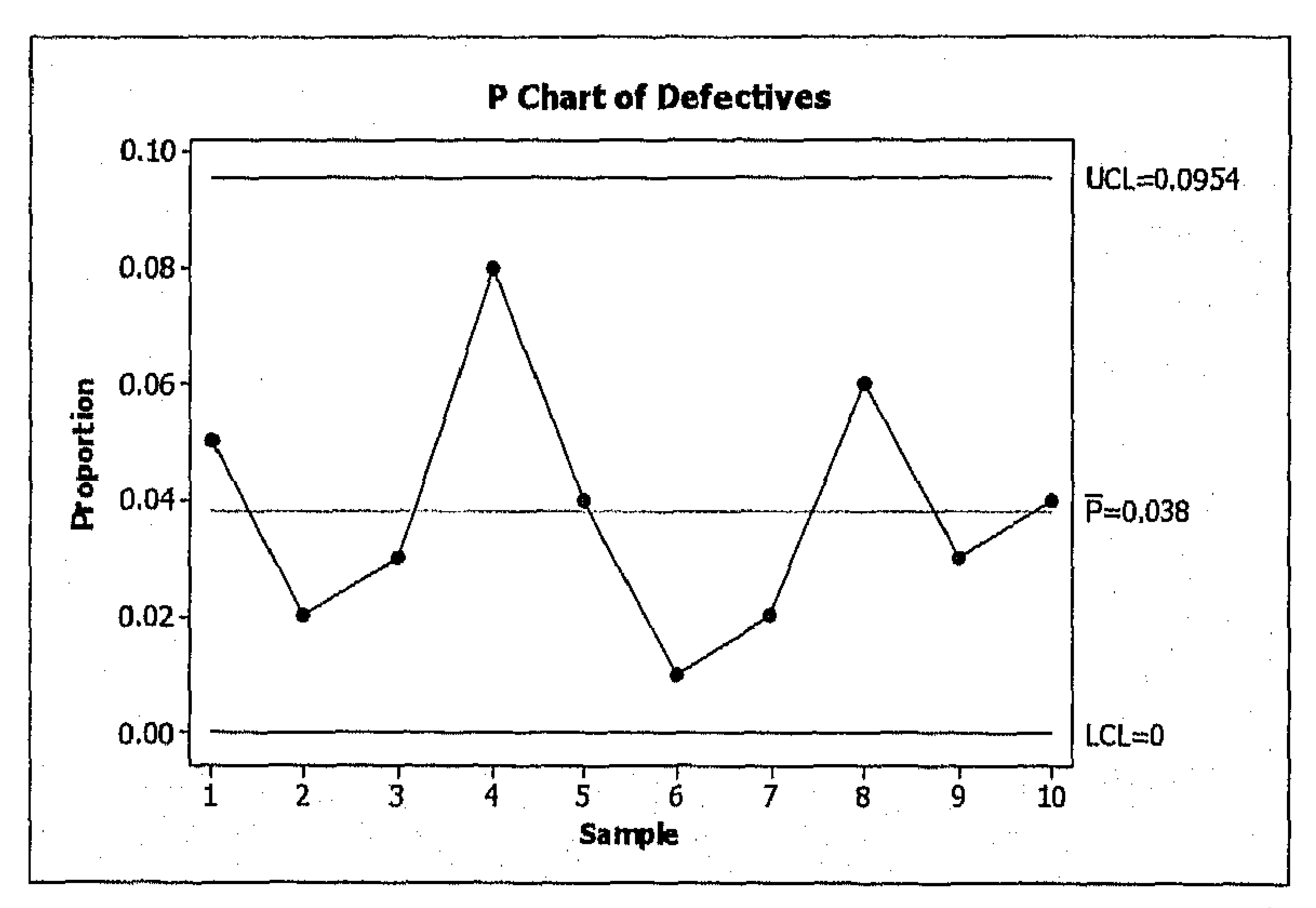
$$UCL_p = 0.095$$

الحد الأدنى للضبط لنسبة المعيب :

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCL_p = 0.038 - 3\sqrt{\frac{0.038(1-0.038)}{100}} = -0.02 \rightarrow 0$$

الخطوة الثالثة : بعد إتمام حساب حدود الضبط نقوم **برسم خريطة المراقبة** لنسبة المعيب وهذا بإسقاط قيم نسبة المعيب في كل عينة بدلالة رقم العينة مع إضافة الحد الأعلى للضبط والحد الأدنى للضبط والخط المركز كما هو موضح على الشكل (٥-٨).



الشكل ٥-٨ خريطة المراقبة لنسبة المعيب في شركة تصنيع قطع محركات الديزل

الخطوة الرابعة – تحليل الخريطة : من خلال الشكل (٥-٨) يمكن أن نلاحظ أن جميع النقاط محصورة بين حدي الضبط وأن التغيرات الموجودة في العملية تعتبر تغيرات طبيعية (Natural variations) ولا يوجد أي نمط معين ومنه نستنتج أن العملية

الإنتاجية تسير تحت الضبط الإحصائي (Process in statistical control)، ويمكن اعتبار حدود الضبط المتحصل عليها هنا كحدود قياسية تستعمل لمراقبة العملية الإنتاجية في المستقبل.

٤-٢-١ عمل خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p chart) باستخدام برنامج الميكروسوفت إكسل

في شركة خدمية لاحظ المدير وجود أعداد كبيرة من الفواتير التي يعيدها العملاء بسبب وقوع أخطاء فيها، ومن أجل دراسة الوضع قام المدير بفحص عينات تحتوي على أعداد مختلفة من الفواتير يوميا وخلال مدة ٢٠ يوما ورصد أعداد الفواتير التي بها أخطاء على الجدول (٥-٦).

اليوم	عدد الفواتير المفحوصة	عدد الأخطاء في الفواتير	اليوم	عدد الفواتير المفحوصة	عدد الأخطاء في الفواتير
1	50	3	11	45	1
2	45	2	12	30	4
3	35	1	13	55	5
4	50	4	14	50	2
5	50	1	15	50	3
6	45	2	16	40	1
7	45	2	17	40	1
8	55	3	18	45	4
9	50	14	19	30	6
10	35	2	20	50	3

جدول ٥-٦ بيانات عدد الأخطاء في الفواتير لدى الشركة الخدمية

نلاحظ هنا أن حجم العينة متغير لذلك فيجب الانتباه عند حساب حدود الضبط لخريطة نسبة المعيب التي ستكون متغيرة، ونظرا لكثرة الحسابات فإن برنامج الأكسل

والمينيتاب سيوفر لنا الوقت والجهد في إجراء هذه العمليات وبالتالي يمكن التركيز أكثر على تحليل الخريطة.

حل المثال على برنامج الميكروسوفت أكسل: نبدأ بفتح ورقة إكسل جديدة ونشرع في عملية إدخال البيانات بحيث ندخل أرقام العينات (i) (اليوم) في خلايا العمود A وحجم العينات (أي عدد الفواتير المفحوصة) n(i) في العمود B وعدد الأخطاء x(i) في العمود C. ننصحك عزيزي الدارس أن تضيف في بداية الورقة بعض العبارات التوضيحية للمثال حتى يتسنى لك الرجوع إليها مستقبلا وكما هو موضح على الشكل (٥-٦).

مثال الشركة الخدمية - خريطة المراقبة لنسبة المعيب (العينة المتغيرة)

كتاب ضبط الجودة - د. محمد أحمد عيشوني

i العينة	n(i) عدد الفواتير	x(i) عدد الأخطاء	p(i) نسبة المعيب	p bar	pb(1-pb)/n(i)	UCLp	LCLp	LCLp
1	50	3						
2	45	2						
3	35	1						
4	50	4						
5	50	1						
6	45	2						
7	45	2						
8	55	3						
9	50	f4						
10	35	2						
11	45	1						
12	30	4						
13	55	5						
14	50	2						
15	50	3						
16	40	1						
17	40	1						
18	45	4						
19	30	6						
20	50	3						

p bar =

الشكل ٥-٩ إدخال بيانات المثال على ورقة الاكسل وتهيئتها لعمل خريطة (p chart)

نقوم **بحساب نسبة المعيب** (هنا نسبة الأخطاء في الفواتير) $p(i)=x(i)/n(i)$ لكل عينة في العمود D بحيث نبدأ بالعينة ١ ونضع نتيجتها في الخلية D6 . نستعمل هنا

شريط الصيغ الحسابية بحيث نكتب الصيغة C6/B6 = ومن ثم نطبق نفس الصيغة الحسابية على بقية العينات وهذا بجر الفأرة مضغوطة من الخلية D6 إلى الخلية D25.

نحسب متوسط نسبة المعيب $\overline{p}$ ونضع النتيجة في الخلية K8 وهذا باستعمال الصيغة AVERAGE(D6:D25) = ونحصل على نتيجة $\overline{p} = 0.073$. نسجل هذه القيمة في خلايا عمود E لجميع العينات.

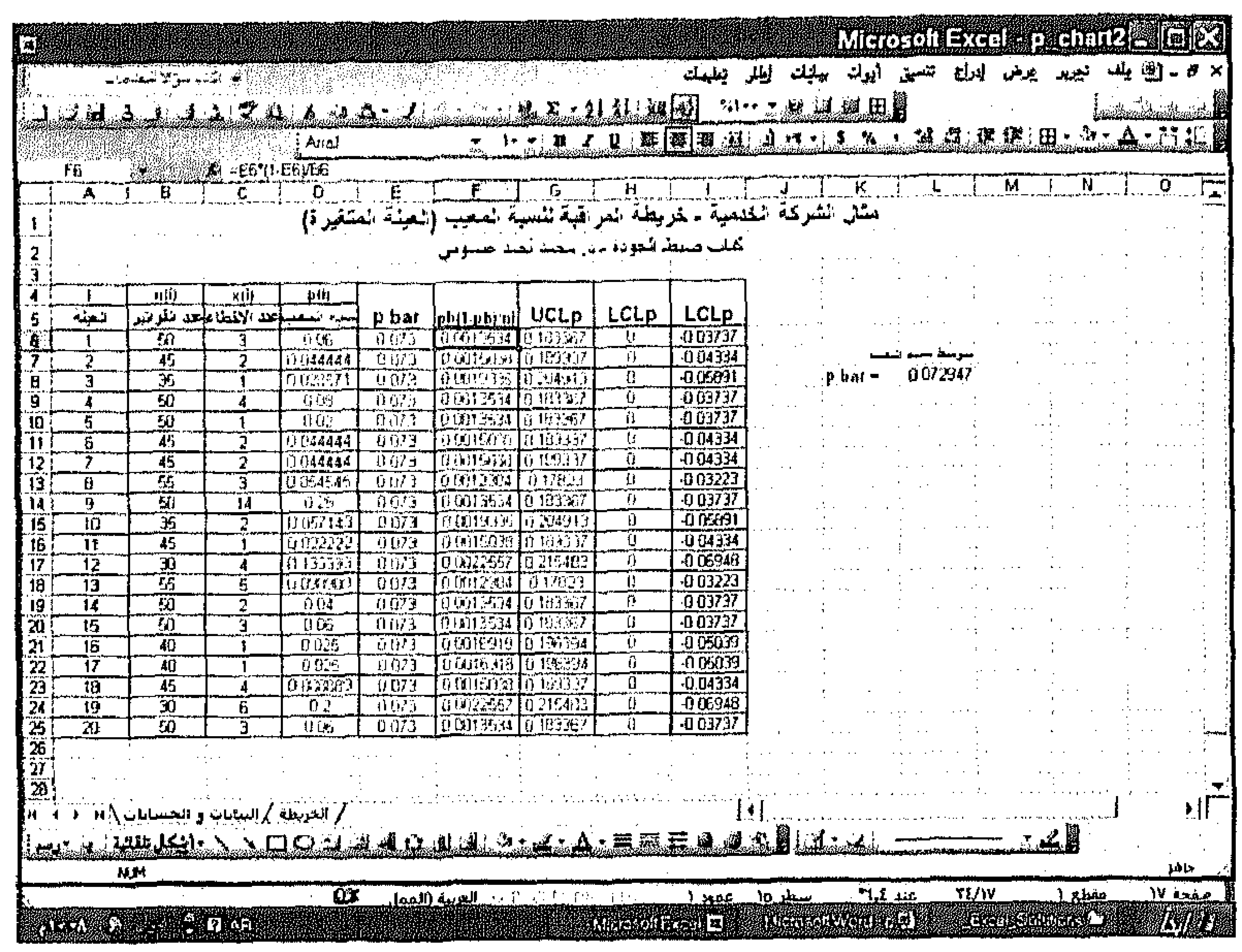
و قصد تبسيط عملية **حساب حدود الضبط** نقوم بحساب قيمة $\overline{p}(1-\overline{p})/n$ لكل عينة في العمود F حيث نبدأ بالعينة ١ ونضع نتيجتها في الخلية F6 وهذا باستعمال الصيغة E6*(1-E6)/B6= ومن ثم نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية العينات.

نقوم بعد ذلك **بحساب الحد الأعلى للضبط** لكل عينة في العمود G، حيث نبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط في الخلية G6 ونستعمل الصيغة :

E6+3*SQRT(F6)= وثم نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود G لكل العينات.

و بنفس الطريقة نقوم **بحساب الحد الأدنى للضبط** لكل عينة في العمود I ، حيث نبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط في الخلية I6 ونستعمل الصيغة :

E6-3*SQRT(F6)= وثم نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود I لكل العينات. نلاحظ هنا أن نتائج حساب حدود الضبط الدنيا هي قيم سالبة وهذا غير منطقي لهذا فإننا نأخذ الحد الأدنى لجميع العينات يساوي (صفر) حيث نقوم بتسجيلها في العمود H. يمكن متابعة هذه الخطوات عن طريق الشكل (٥-١٠) الموضح أدناه.



مثال الشركة الخدمية - خريطة المراقبة لنسبة المعيب (العينة المتغيرة)

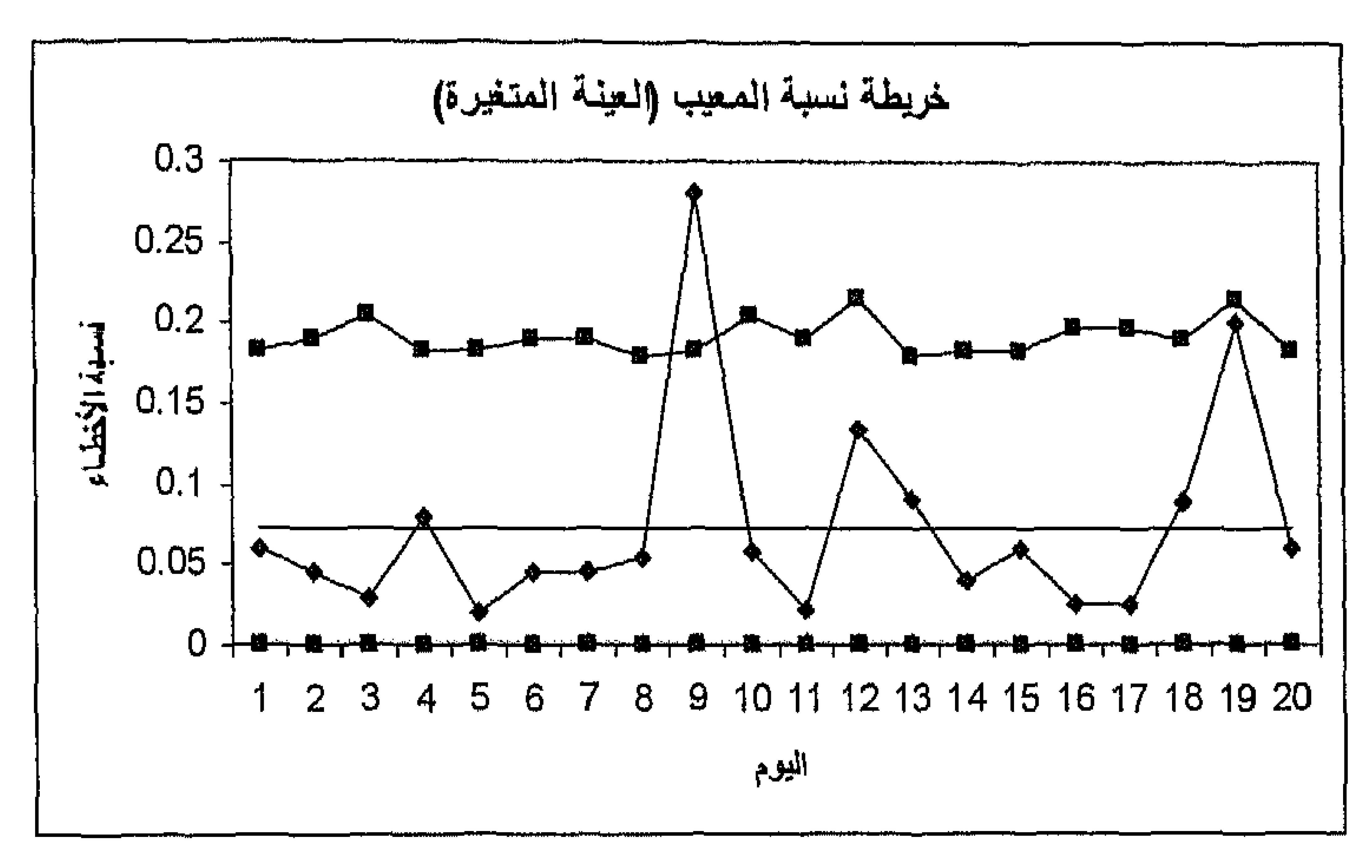
i	n(i)	x(i)	p(i)	p bar	pb(1-pb)/n	UCLp	LCLp	LCLp
العينة	عدد الفواتير	عدد الأخطاء	نسبة المعيب					
1	50	3	0.06	0.073	0.0013534	0.183367	0	-0.03737
2	45	2	0.044444	0.073	[illegible]	0.189307	0	-0.04334
3	35	1	0.028571	0.073	[illegible]	0.204913	0	-0.05891
4	50	4	0.08	0.073	0.0013534	0.183367	0	-0.03737
5	50	1	0.02	0.073	0.0013534	0.183367	0	-0.03737
6	45	2	0.044444	0.073	[illegible]	0.189337	0	-0.04334
7	45	2	0.044444	0.073	[illegible]	0.189337	0	-0.04334
8	55	3	0.054545	0.073	0.0012304	0.17823	0	-0.03223
9	50	14	0.28	0.073	0.0013534	0.183367	0	-0.03737
10	35	2	0.057143	0.073	0.0019336	0.204913	0	-0.05891
11	45	1	0.022222	0.073	0.0015038	0.189337	0	-0.04334
12	30	4	0.133333	0.073	0.0022557	0.215483	0	-0.06948
13	55	5	0.090909	0.073	0.0012304	0.17823	0	-0.03223
14	50	2	0.04	0.073	0.0013534	0.183367	0	-0.03737
15	50	3	0.06	0.073	0.0013534	0.183367	0	-0.03737
16	40	1	0.025	0.073	0.0016919	0.196394	0	-0.05039
17	40	1	0.025	0.073	0.0016918	0.196394	0	-0.05039
18	45	4	0.088889	0.073	0.0015038	0.189337	0	-0.04334
19	30	6	0.2	0.073	0.0022557	0.215483	0	-0.06948
20	50	3	0.06	0.073	0.0013534	0.183367	0	-0.03737

الشكل ٥-١٠ خطوات عمل خريطة المراقبة لنسبة المعيب على برنامج الأكسل

بعد إجراء جميع الحسابات نقوم **برسم الخريطة لنسبة المعيب** (p chart) مستعينين بمعالج التخطيطات (Chart Wizard) ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٥-١١).

مناقشة وتحليل الخريطة : نلاحظ أنه وكما تمت الإشارة إليه سابقا فإن حدود الضبط في هذه الخريطة متغيرة وهذا راجع لكون حجم العينة يتغير من عينة لأخرى في حين رأينا في المثال الأول أن حدود الضبط ثابتة وهذا لأن حجم العينة كان ثابتا. من خلال هذه الخريطة لمراقبة نسبة المعيب في الشركة الخدمية، نلاحظ وجود النقطة الخاصة باليوم ٩ خارجة عن حدود الضبط وهذا مؤشر على وجود أسباب خاصة (Assignable causes) يجب على الإدارة البحث عنها وإتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة لإزالتها من العملية التي تعتبر خارجة عن المراقبة الإحصائية (Process out of statistical control). بعد ذلك يمكن للطاقم الإداري إعادة

حساب حدود الضبط جديدة بدون هذه النقطة وإعتمادها للمراقبة المستقبلية للعملية الخدمية حتى تتفادى شكاوي من عملائها.



الشكل ٥-١١ خريطة المراقبة لنسبة المعيب لشركة الخدمات

٤-٢-١ عمل خريطة المراقبة لنسبة المعيب باستخدام برنامج المينيتاب (p chart using Minitab)

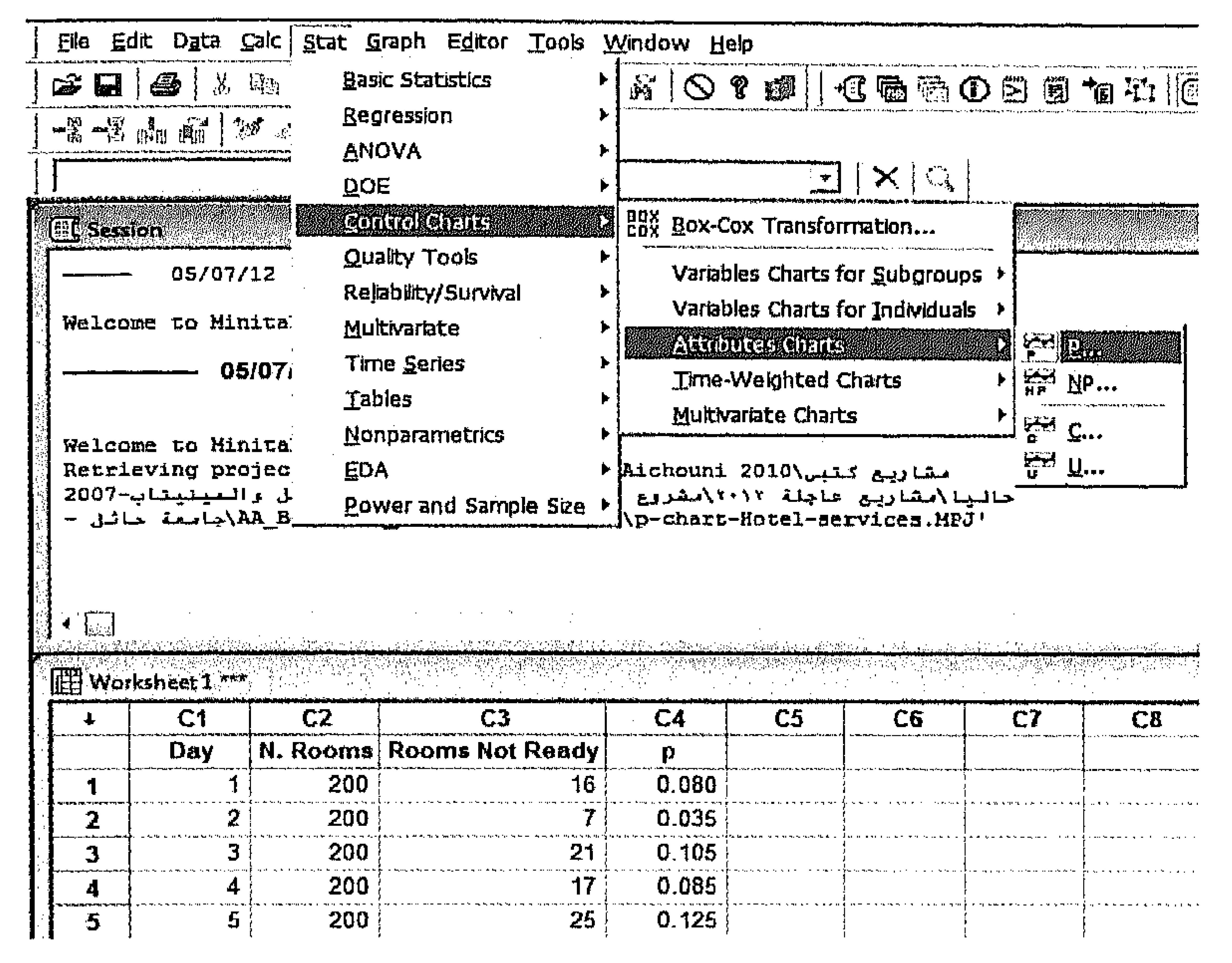
في إطار عمليات التحسين المستمر للعمليات قام مدير أحد الفنادق الراقية بتعداد أعداد الغرف التي لم تتم تهيئتها للعملاء خلال ٢٨ يوما، ومن خلال خريطة نسبة المعيب (p chart) يود دراسة إستقرار العملية الخدمية في الفندق.

الحل: بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Attributes Charts) ثم (P...). بعدها تفتح نافذة حوار (P Chart) حينها نقوم بإختيار البيانات ('Rooms Not Ready') في (Variables) و(N. Rooms) في (Subgroup size) كما هو موضح على الشكل (٥-١٢ و٥-١٣) ثم نختار (OK). لنحصل على خريطة نسبة الغرف الغير جاهزة (p Chart) الموضحة على الشكل (٥-١٤) والتي تبين أن كل التغيرات في العملية تعتبر تغيرات طبيعية

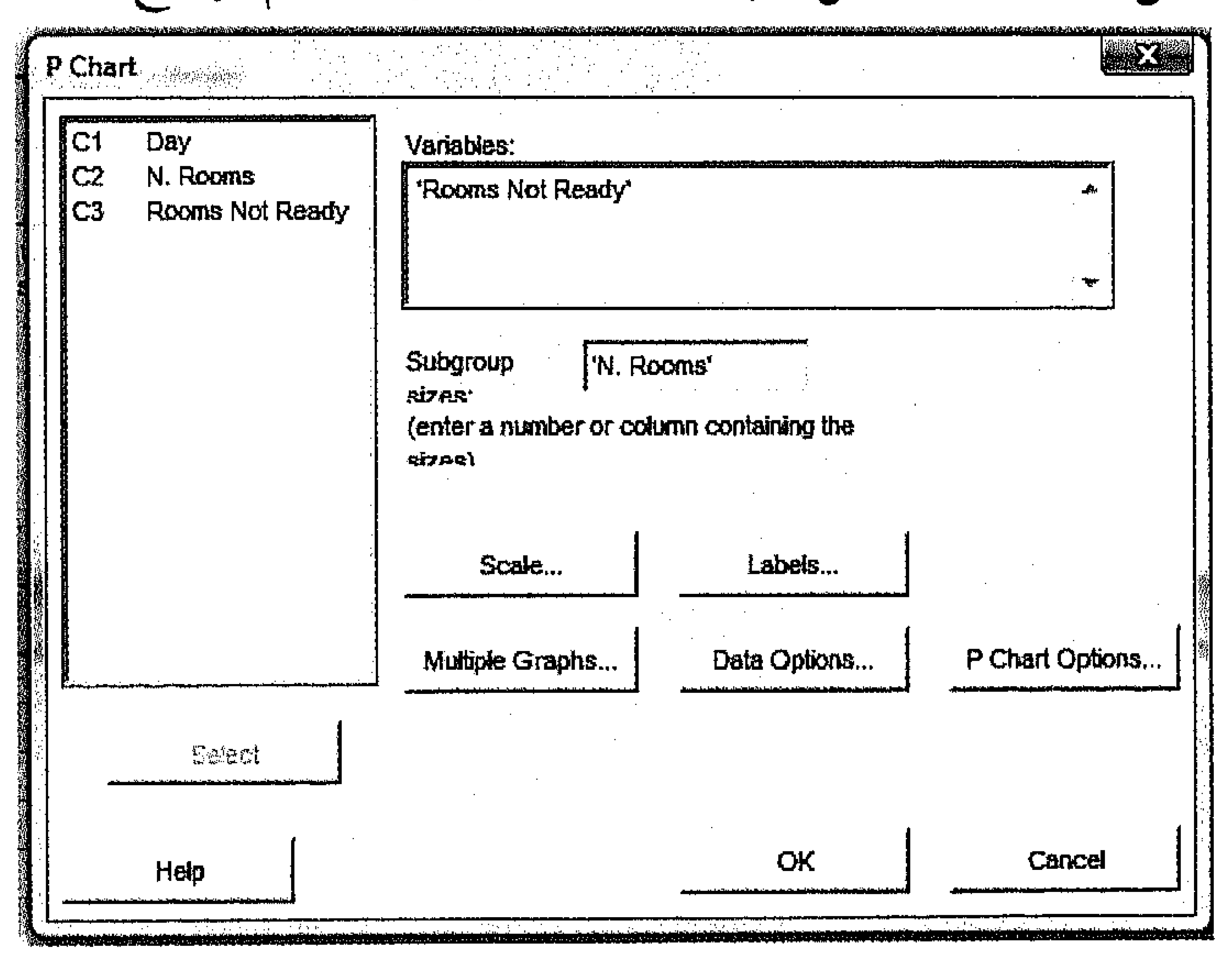
ومنه فإن العملية الخدمية في الفندق مستقرة وتقع تحت المراقبة الإحصائية، إلا أنه بإمكان إدارة الفندق العمل على التقليل من هذه الاختلافات كأن تحدد معيارا للأداء أن لا تتجاوز نسبة الغرف غير الجاهزة ١٠ بالمائة مثلا وهذا من خلال إيجاد فرص تحسين الأداء في النظام.

اليوم Day	عدد الغرف N. Rooms	عدد الغرف التي لم تجهز Rooms Not Ready	اليوم Day	عدد الغرف N. Rooms	عدد الغرف التي لم تجهز Rooms Not Ready
1	200	16	15	200	18
2	200	7	16	200	13
3	200	21	17	200	15
4	200	17	18	200	10
5	200	25	19	200	14
6	200	19	20	200	25
7	200	16	21	200	19
8	200	15	22	200	12
9	200	11	23	200	6
10	200	12	24	200	12
11	200	22	25	200	18
12	200	20	26	200	15
13	200	17	27	200	20
14	200	26	28	200	22

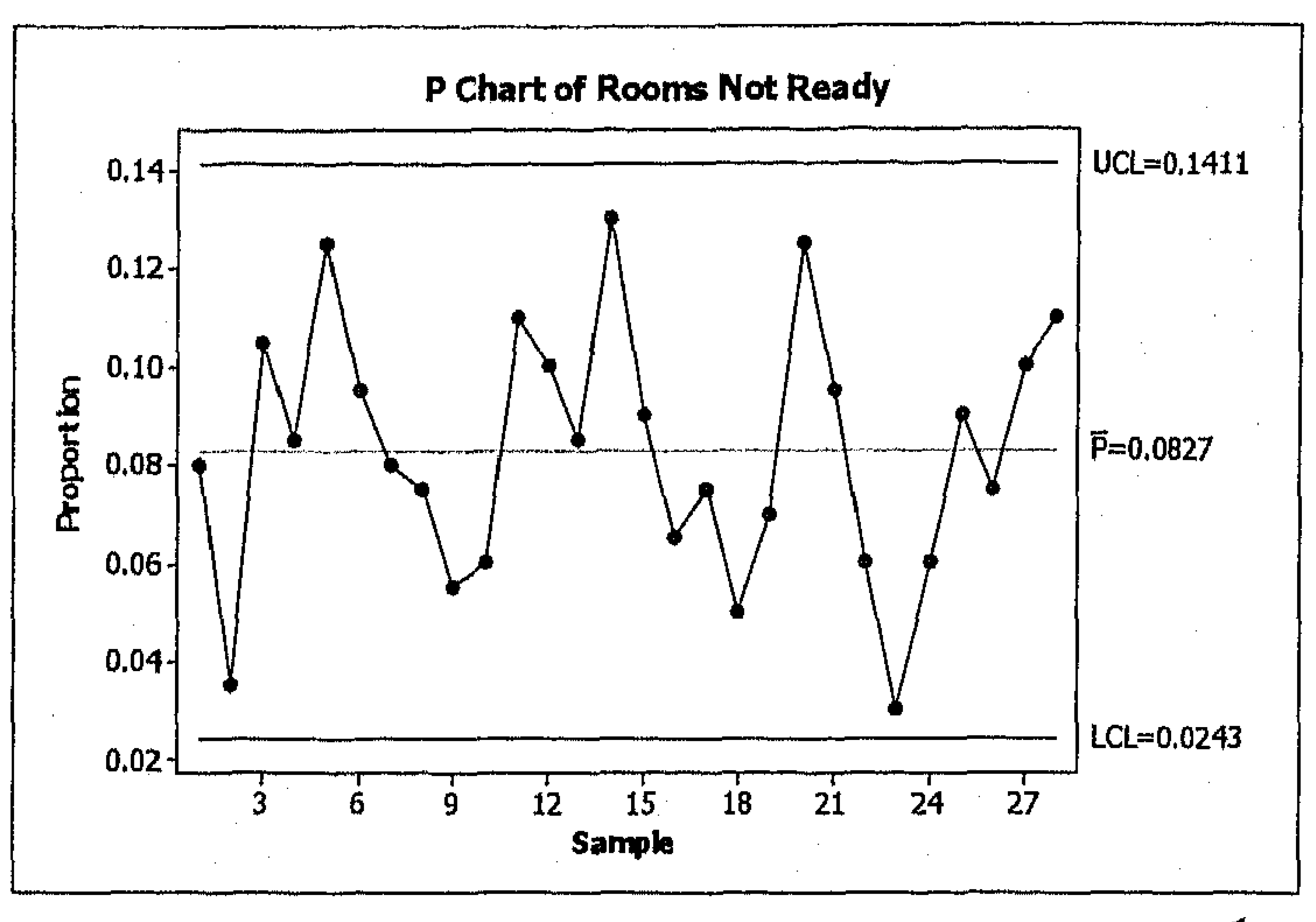
الجدول ٥-٧ بيانات الفندق السياحي



الشكل ٥–١٢ عمل خريطة نسبة المعيب بإستخدام برنامج المينيتاب



الشكل ٥–١٣ إدخال بيانات خريطة نسبة المعيب في المينيتاب



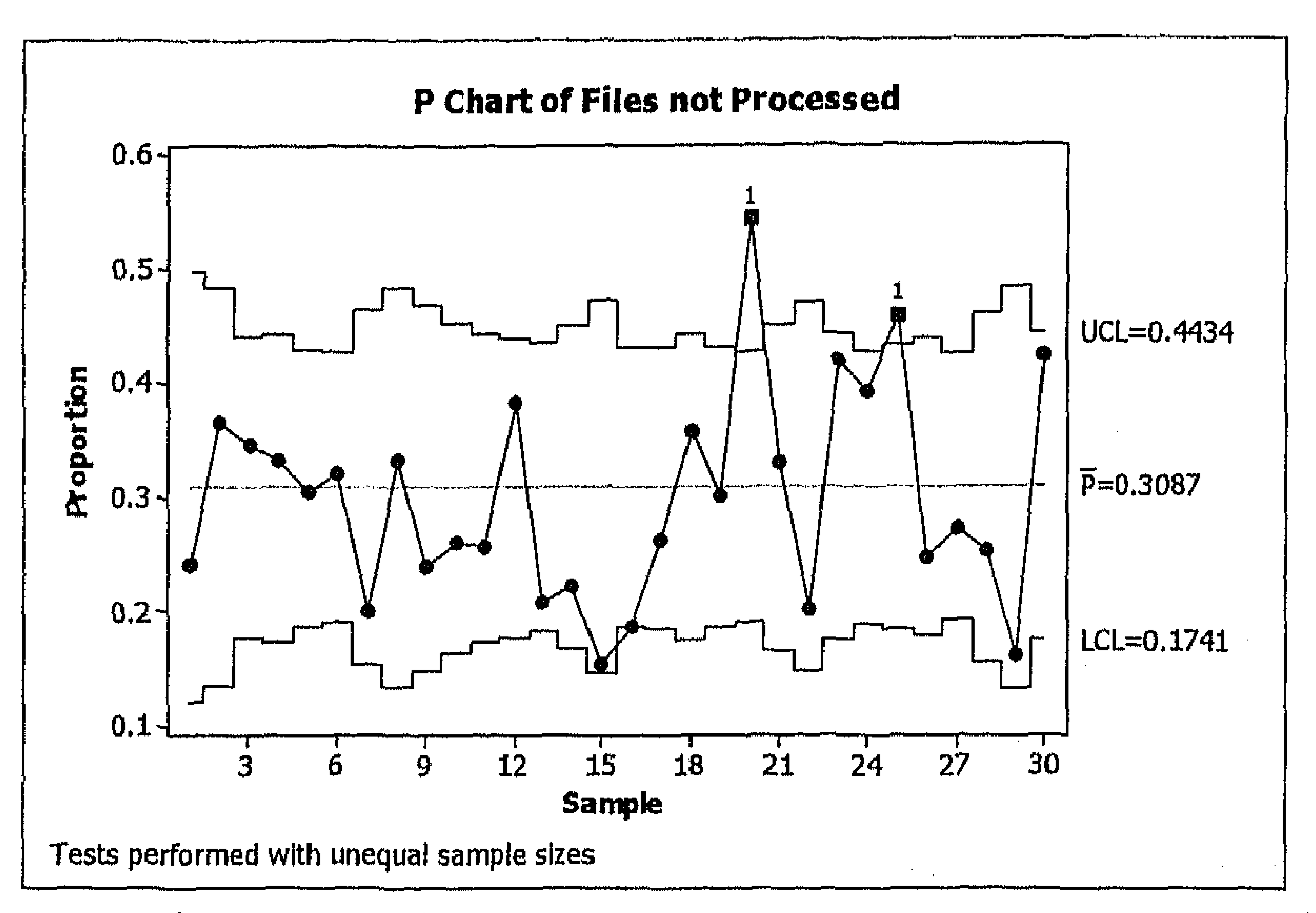
الشكل ٥-١٤ خريطة نسبة المعيب للغرف غير الجاهزة في الفندق

مثال آخر: حدد مدير الجودة في المستشفى أن تتم كتابة التقارير الطبية ووضعها في ملف المريض خلال خمسة أيام من خروجه من المستشفى، ولمراقبة مدى فعالية الإدارة في تحقيق ذلك، قام بمراقبة العملية خلال شهر وهذا بتسجيل البيانات الموضحة على الجدول (٥-٨).

بعد إدخال البيانات على برنامج المينيتاب وإتباع خطوات عمل خريطة (p chart) تحصلنا على الخريطة الموضحة في الشكل (٥-١٥) والتي تبين بوضوح أن العملية في المستشفى غير مستقرة إحصائيا مع وجود نقاط أعلى من خط الضبط الأعلى، وهذا مؤشر قوي على وجود أسباب خاصة في العملية تؤثر على إستقرارها وعلى مدير الجودة العمل على كشف هذه الأسباب وإزالتها من العملية حتى يتمكن من تحقيق أهدافه الرامية إلى التحسين المستمر في العمليات الصحية التي يقدمها المستشفى للمرضى الذين يراجعونه.

اليوم	عدد المرضى المغادرين للمستشفى	عدد الملفات والتقارير
1	54	13
2	63	23
3	110	38
4	105	35
5	131	40
6	137	44
7	80	16
8	63	21
9	75	18
10	92	24
11	105	27
12	112	43
13	120	25
14	95	21
15	72	11
16	128	24
17	126	33
18	106	38
19	129	39
20	136	74
21	94	31
22	74	15
23	107	45
24	135	53
25	124	57
26	113	28
27	140	38
28	83	21
29	62	10
30	106	45

الجدول ٥–٨ عدد التقارير غير المكتملة بعد ٥ أيام من مغادرة المريض المستشفى



الشكل ٥-١٥ خريطة نسبة الملفات والتقارير غير المكتملة بعد ٥ أيام من مغادرة المريض من المستشفى

٥ خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart)

٥-١ المفهوم العام للخريطة وطريقة عملها

يهدف هذا النوع من خرائط مراقبة الخواص إلى دراسة عدد الوحدات الغير مطابقة في كل عينة (Number of nonconforming items). عند تطرقنا لخريطة نسبة المعيب (p chart) قمنا بحساب النسبة على أنها قسمة عدد الوحدات الغير مطابقة لعدد الوحدات في كل عينة ($p = x/n$) ومنه يمكن أن نستنتج أن عدد الوحدات الغير مطابقة هو ($x = n.p$). هنا نشير إلى أن (n) يمثل عدد الوحدات في العينة (أي حجم العينة) ويجب أن يكون ثابتا وغير متغير إذا أردنا العمل على خريطة عدد الوحدات غير المطابقة والمعروفة بخرائط (np). يميل بعض المؤلفون مثل القزاز (١٩٩٧) إلى تسمية هذا النوع من الخرائط إلى لوحة عدد المعيبات للعينة الثابتة. نلاحظ أن الخريطة تتناول الأرقام المطلقة لعدد الوحدات المعيبة (أو الغير

مطابقة) في العينات بدلا من النسب وهذا ما يجعلها أيسر للفهم والتفسير خاصة بالنسبة للأشخاص الذين ليست لديهم الخبرة في خرائط المراقبة ولذلك فيمكن استعمالها بسهولة كوسيلة إقناع في متناول الكادر الفني والإداري للإشارة إلى وجود مشاكل فنية في العمليات الإنتاجية أو الخدمية.

يتم عمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) حسب الخطوات التالية:

الخطوة الأولى : نحدد أولا حجم العينة n حيث يجب أن يكون كبيرا بما يكفي للحصول على وحدات معيبة في كل عينة مفحوصة. في حالة ما إذا كانت لدينا فكرة من ماض العملية الإنتاجية عن نسبة المعيب (أو نسبة الغير مطابقة) p فإنه بالإمكان إجراء حساب تقريبي لحجم العينة حسب العلاقة : n=3/p .

نقوم بسحب عدد معين من العينات من المنتج في فترات مختلفة وليكن هذا العدد g.

نؤكد هنا على ضرورة المحافظة على حجم العينة ثابتا خلال عمليات السحب.

نسجل عدد وحدات المنتج الغير مطابقة للمواصفة x(i) في كل عينة.

الخطوة الثانية : نقوم **بحساب متوسط نسبة المعيب** : ($\overline{p}$) حسب العلاقة :

$$\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{g} x(i)}{g.n} = \frac{x(1) + x(2) + ... + x(g)}{g.n}$$

نحسب قيمة $n\overline{p} = n \times \overline{p}$ والتي تمثل الخط المركز للخريطة.

الخطوة الثالثة : نحسب **حدود الضبط** لهذه الخريطة على نفس أساس خريطة نسبة المعيب بحيث أن **الحد الأعلى للضبط** هو:

$$UCL_{np} = n\overline{p} + 3\sqrt{n\overline{p}(1-\overline{p})}$$

و **الحد الأدنى للضبط** هو:

$$UCL_{np} = n\overline{p} - 3\sqrt{n\overline{p}(1-\overline{p})}$$

الخطوة الرابعة : نقوم **برسم الخريطة** حيث نرسم عدد الوحدات غير المطابقة x(i) بدلالة رقم العينة i كما سنضع الخط المركز $\overline{np}$ والحد الأعلى للضبط UCL_{np} والحد الأدنى للضبط LCL_{np} .

الخطوة الخامسة : نقوم **بدراسة وتحليل الخريطة** لملاحظة أي نقاط خارجة عن حدود الضبط.

٥-٢ أمثلة عن خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart)

٥-٢-١ مثال خريطة المراقبة (np chart) مع الحل اليدوي

قصد دراسة استقرار العملية الإنتاجية لدى شركة صناعة معدات وآلات كهربائية، قام مشرف الإنتاج باختيار عينات تحتوي كل واحدة منها على ١٠٠ وحدة من المنتج وهذا خلال ٢٧ يوما وسجل عدد الوحدات الغير مطابقة على الجدول (٥-٩).

اليوم	عدد الآلات الغير مطابقة np	اليوم	عدد الآلات الغير مطابقة np
1	4	15	2
2	6	16	7
3	7	17	6
4	10	18	8
5	11	19	10
6	12	20	3
7	5	21	4
8	7	22	2
9	8	23	9
10	9	24	10
11	13	25	11
12	16	26	2
13	20	27	2
14	1		

الجدول ٥-٩ نتيجة فحص ١٠٠ وحدة خلال ٢٧ يوما

الحل: من خلال معطيات المثال لدينا ما يلي: عدد العينات المفحوصة هو $g = 27$

وعدد الآلات المفحوصة في كل عينة $n = 100$

نبدأ **بحساب متوسط نسبة المعيب** (أو نسبة الآلات الغير مطابقة) :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{g} x_i}{g.n} = \frac{4+6+7+...+2+2}{27 \times 100}$$

$$\bar{p} = \frac{205}{2700} = 0.076$$

نحسب كذلك : $n\bar{p} = n \times \bar{p} = 100 \times 0.076 = 7.6$ الذي يمثل الخط المركز (CL) للخريطة. ومن ثم نقوم **بحساب الحد الأعلى للضبط**

$$UCL_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$UCL_{np} = 7.6 + 3\sqrt{7.6(1-0.076)}$$

$$UCL_{np} = 15.54$$

و **الحد الأدنى للضبط** هو:

$$LCL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LCL_{np} = 7.6 - 3\sqrt{7.6(1-0.076)}$$

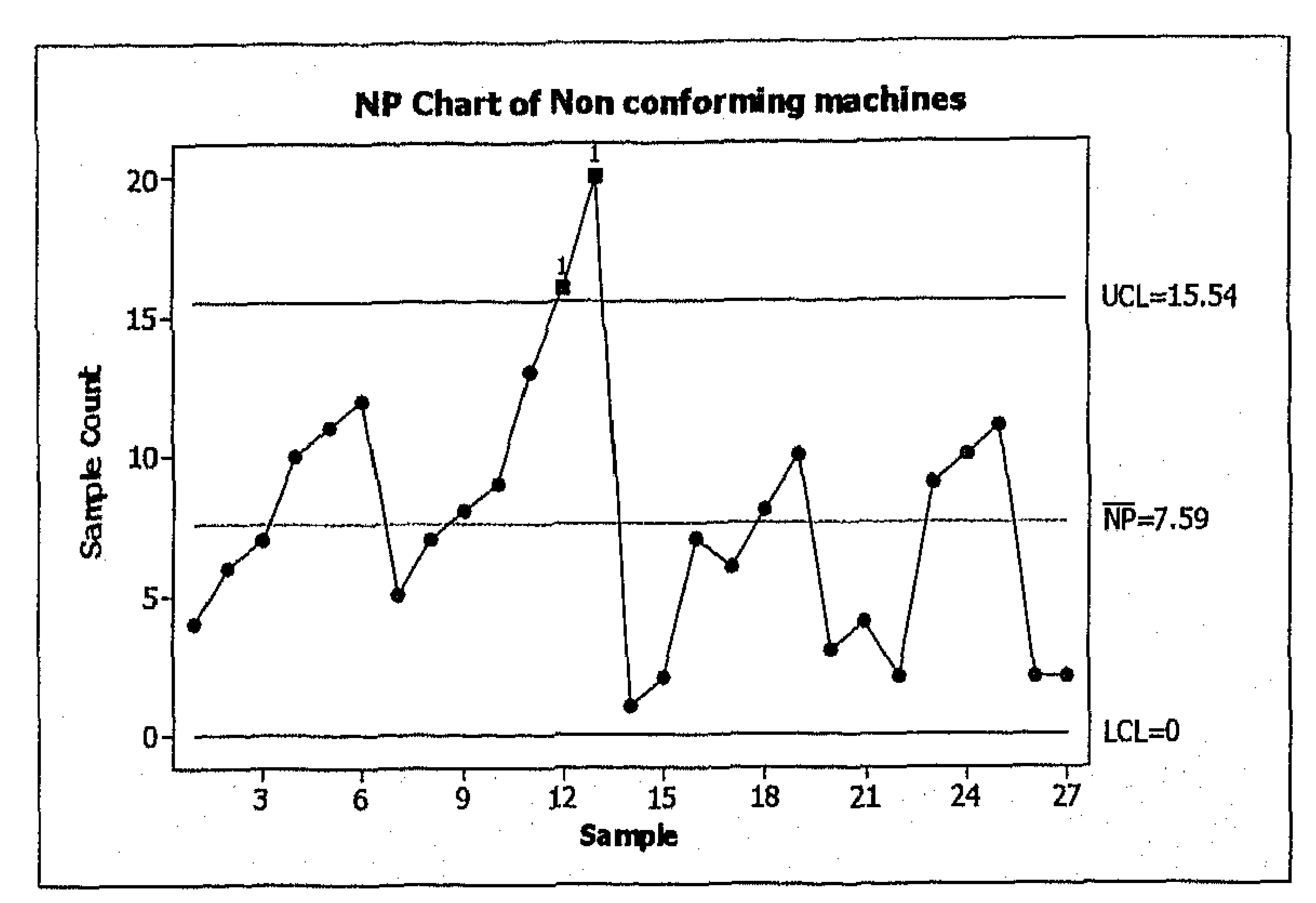
$$LCL_{np} = -0.35 \to 0$$

بعد حساب حدود الضبط نقوم برسم خريطة المراقبة وهذا بتحديد عدد الآلات الغير مطابقة بدلالة الزمن (اليوم) الذي يمثل تسلسل العينات المدروسة ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٥-١٦).

دراسة وتحليل الخريطة : نلاحظ من خلال الخريطة وجود أكثر من مؤشر على عدم استقرار العملية الإنتاجية (Unstable process) وأهمها:

- وجود نقطتين (خاصة باليوم ١٢ و١٣) خارج حدود الضبط.
- وجود حالة التعاقب (run) في الفترات الممتدة بين اليوم الأول واليوم ١٢.

هذه مؤشرات قوية على أن العملية تقع خارج المراقبة الإحصائية (Process out of statistical control) وهذا ناتج عن وجود أسباب خاصة (Special causes) يجب البحث عنها وإزالتها من العملية قصد تحسين أدائها وضمان جودة منتجاتها.



الشكل ٥-١٦ خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) لشركة المعدات الكهربائية

٥-٢-٢ مثال لخريطة (np chart) مع الحل على برنامج الأكسل

المثال التالي خاص ببيانات مستقاة من بنك للدم في أحد المستشفيات حيث كانت تفحص ٥٠ عينة من الدم يوميا ولمدة شهر وتم تصنيف عينات الدم غير الصالحة ورصدت النتائج في الجدول (٥-١٠). من خلال هذه البيانات نود مراقبة العملية في المستشفى وسوف نستعمل برنامج الميكروسفت أكسل لعمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) وهذا بتتبع الخطوات التالية:

أولا نقوم بفتح ورقة عمل إكسل جديدة ونقوم **بإدخال بيانات** الجدول (٥-٧) بحيث نسجل أرقام الأيام (i) في العمود A وحجم العينات المسحوبة يوميا (n) في

العمود B وعدد الوحدات المعيبة أو الغير مطابقة x(i) في كل عينة في العمود C كما هو موضح على الشكل (٥-١٧). يستحسن هنا إضافة عنوان وعبارات توضيحية للمثال في بداية الورقة حتى يسهل العودة إليها ومراجعتها في المستقبل.

العينة (اليوم)	حجم العينة	عدد المعيب
1	50	4
2	50	4
3	50	6
4	50	5
5	50	2
6	50	0
7	50	6
8	50	1
9	50	2
10	50	0
11	50	4
12	50	2
13	50	3
14	50	0
15	50	2
16	50	3
17	50	5
18	50	1
19	50	6
20	50	5
21	50	3
22	50	1
23	50	0
24	50	4
25	50	3
26	50	5
27	50	6
28	50	2
29	50	3
30	50	1

جدول ٥-١٠ نتائج فحص عينات الدم في بنك الدم في المستشفى

مثال بنك الدم في المستشفى - خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart)

كتاب ضبط الجودة - د. محمد أحمد عيشوني

i	n	x(i)			
اليوم	عدد عينات الدم المفحوصة	عدد الغير مطابقة	n pbar	UCLnp	LCLnp
1	50	4			
2	50	4			
3	50	6			
4	50	5			
5	50	2			
6	50	0			
7	50	6			
8	50	1			
9	50	2			
10	50	0			
11	50	4			
12	50	2			
13	50	3			
14	50	0			
15	50	2			
16	50	3			
17	50	5			
18	50	1			
19	50	6			
20	50	5			
21	50	3			
22	50	1			
23	50	0			

n = 50
k = 30
متوسط نسبة الغير مطابقة
p bar =
n pbar =
n pbar (1-n pbar) =
الحد الأعلى للضبط
UCL np =
الحد الأدنى للضبط
LCL np =

الشكل ٥-١٧ إدخال بيانات مثال بنك الدم في ورقة الأكسل وتهيئتها لعمل خريطة (np chart)

نبدأ الآن **بحساب متوسط نسبة المعيب** $\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{g} x(i)}{g.n}$ وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية (fx). سوف نضع نتيجة متوسط نسبة المعيب في الخلية (J8) وهذا بالنقر عليها بالفأرة ونكتب الصيغة : SUM(C6:C35)/(J6*J5) = وتكون نتيجة هذه العملية $\overline{p} = 0.059$. نلاحظ هنا أننا كنا قد وضعنا قيمة n في الخلية J5 وقيمة g في الخلية J6.

نحسب بعد ذلك **قيمة** $n.\overline{p}$ ونضعها في الخلية J10 وهذا باستعمال الصيغة الحسابية J5*J8 = ونحصل على نتيجة $n.\overline{p} = 2.967$. تمثل هذه القيمة الخط المركز (CL) للخريطة، لذلك فسنسجلها في خلايا العمود D لكل العينات لاستعمالها في رسم الخريطة.

نحسب قيمة التباين $n\overline{p}(1-\overline{p})$ ونضع نتيجته في الخلية K11 حسب الصيغة
= J10*(1-J8) وتكون النتيجة $n\overline{p}(1-\overline{p}) = 2.79$.

في الخلية J13 نحسب **الحد الأعلى للضبط** باستعمال الصيغة :

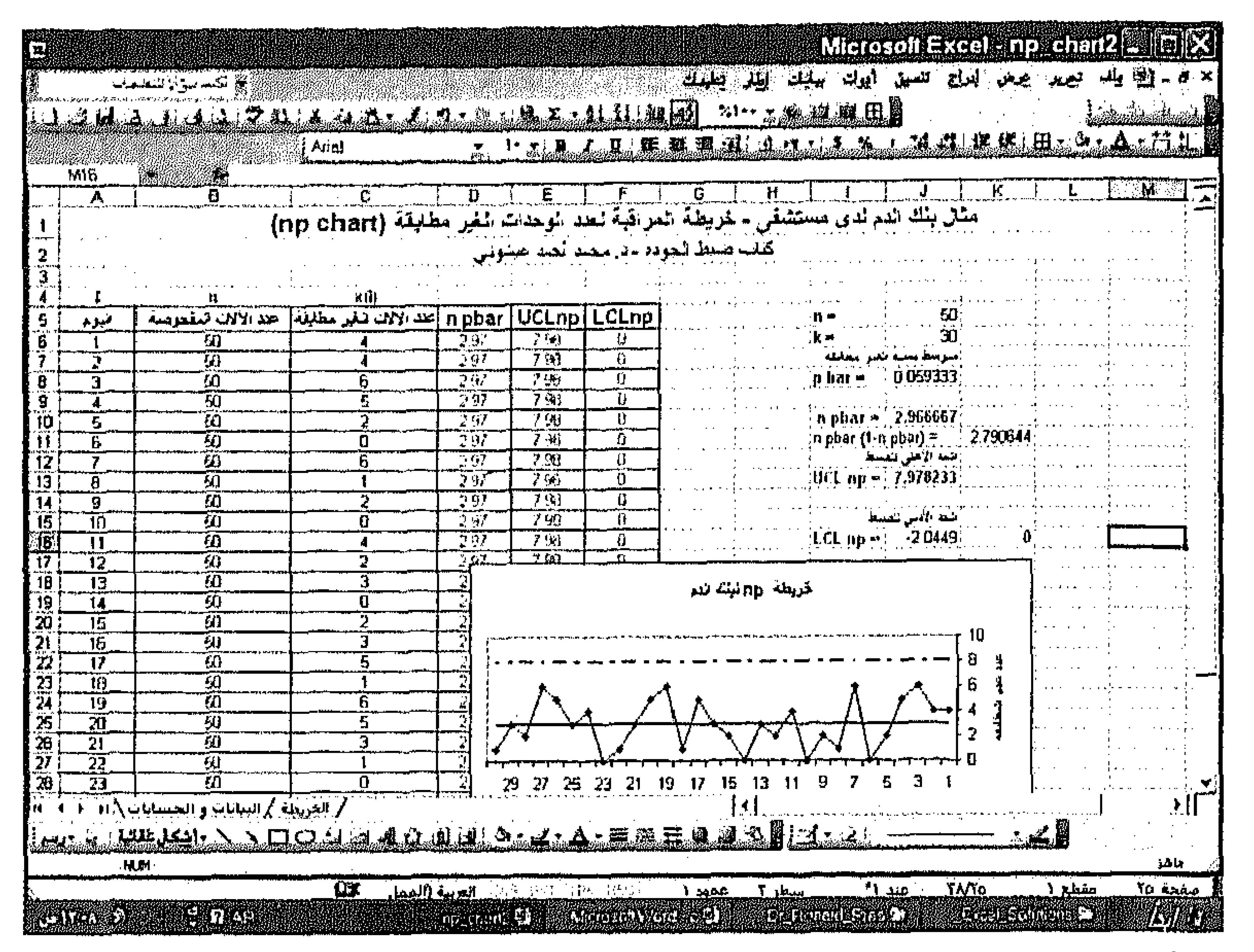
= J10+ 3*SQRT(K11) وتكون النتيجة $UCL_{np}=7.97$.

نسجل هذه القيمة في خلايا العمود E لكل العينات لاستعمالها في رسم الخريطة.

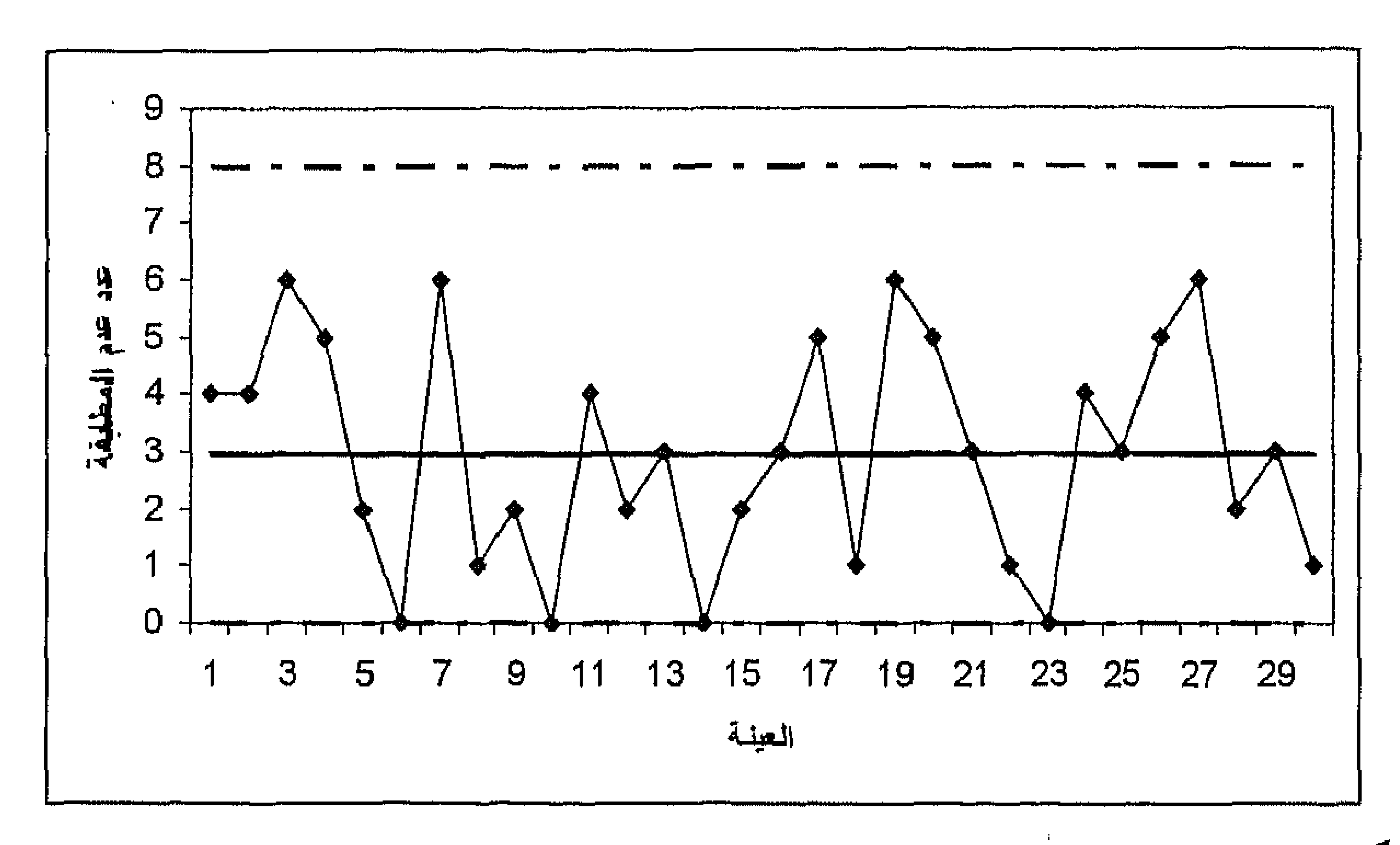
في الخلية J16 نحسب **الحد الأدنى للضبط** باستعمال الصيغة :

= J10- 3*SQRT(K11) وتكون النتيجة $LCL_{np} = -2.04$ ، وبما أن القيمة سالبة وهذا غير ممكن منطقيا فإننا نأخذ قيمة $LCL_{np}=0$، ونسجل كذلك هذه القيمة في خلايا العمود F لكل العينات.

بعد ذلك ننتقل إلى الخطوة الثالثة وهي تخص **رسم الخريطة** باستعمال معالج التخطيطات (Chart Wizard) أين نختار نوع التخطيط خطي لملاءمة استعماله. سوف نتبع الأوامر التي تصدر عن المعالج وهذا بتحديد البيانات وإجراء التنسيقات المناسبة للخريطة ونحصل على الخريطة كما هو موضح على الشكلين (٥-١٨) و(٥-١٩).



الشكل ٥–١٨ خطوات عمل خريطة (np chart) على برنامج الإكسل



الشكل ٥– ١٩ خريطة المراقبة للوحدات الغير مطابقة لبنك الدم في المستشفى

دراسة وتحليل الخريطة : يلاحظ من الخريطة عدم وجود أي نقطة خارجة عن حدود الضبط ، خاصة من جهة الحد الأعلى وهذا مؤشر جيد على أن العملية في قسم

بنك الدم بالمستشفى تقع تحت المراقبة الإحصائية (Process under Statistical Control).

ملاحظة هامة : في هذا المثال وبما أن حجم العينة ثابتا فإنه بإمكانك أيضا عزيزي الدارس، عمل خريطة نسبة المعيب (p chart) بحيث تحسب نسبة المعيب بقسمة عدد الوحدات المعيبة على حجم العينة $p=\frac{x(i)}{n}$ ومن ثم تتبع خطوات عمل خريطة نسبة المعيب التي تم التطرق إليها في الفقرة السابقة.

٥-٢-٣ عمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات غير المطابقة بإستخدام برنامج المينيتاب (np chart using Minitab)

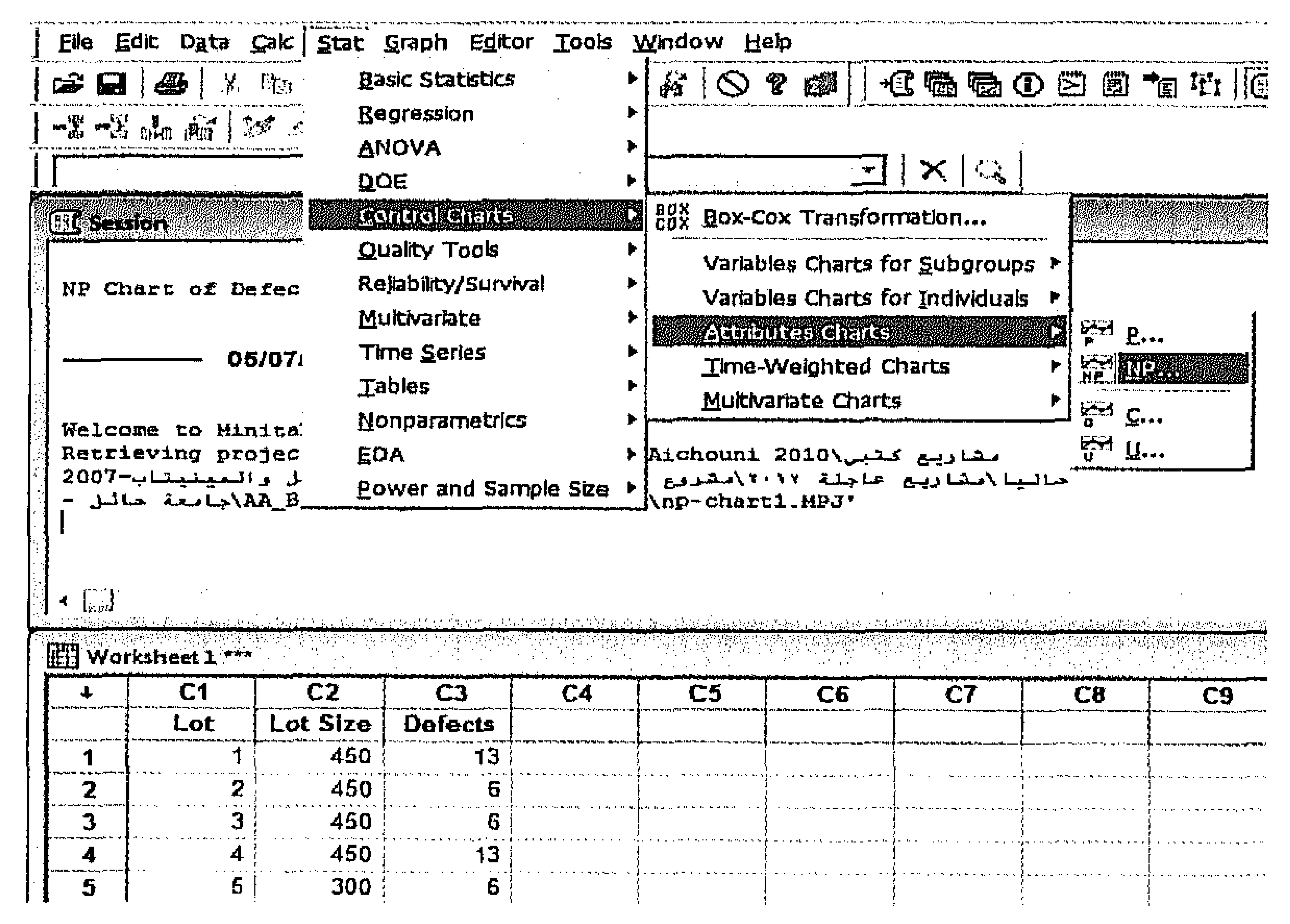
قصد دراسة العملية الإنتاجية في شركة تصنيع قطع ميكيانيكية لمضخات هيدروليكية قام مفتش الجودة بسحب عينات ذات أحجام مختلفة من ٢٠ دفعة من الإنتاج ورصد عدد القطع المعيبة على الجدول (٥-١١).

الدفعة	حجم العينة	عدد العيوب	الدفعة	حجم العينة	عدد العيوب
1	450	13	11	450	12
2	450	6	12	450	12
3	450	6	13	450	9
4	450	13	14	450	7
5	300	6	15	300	5
6	300	5	16	300	8
7	300	7	17	300	7
8	600	16	18	600	6
9	600	21	19	600	18
10	600	8	20	600	10

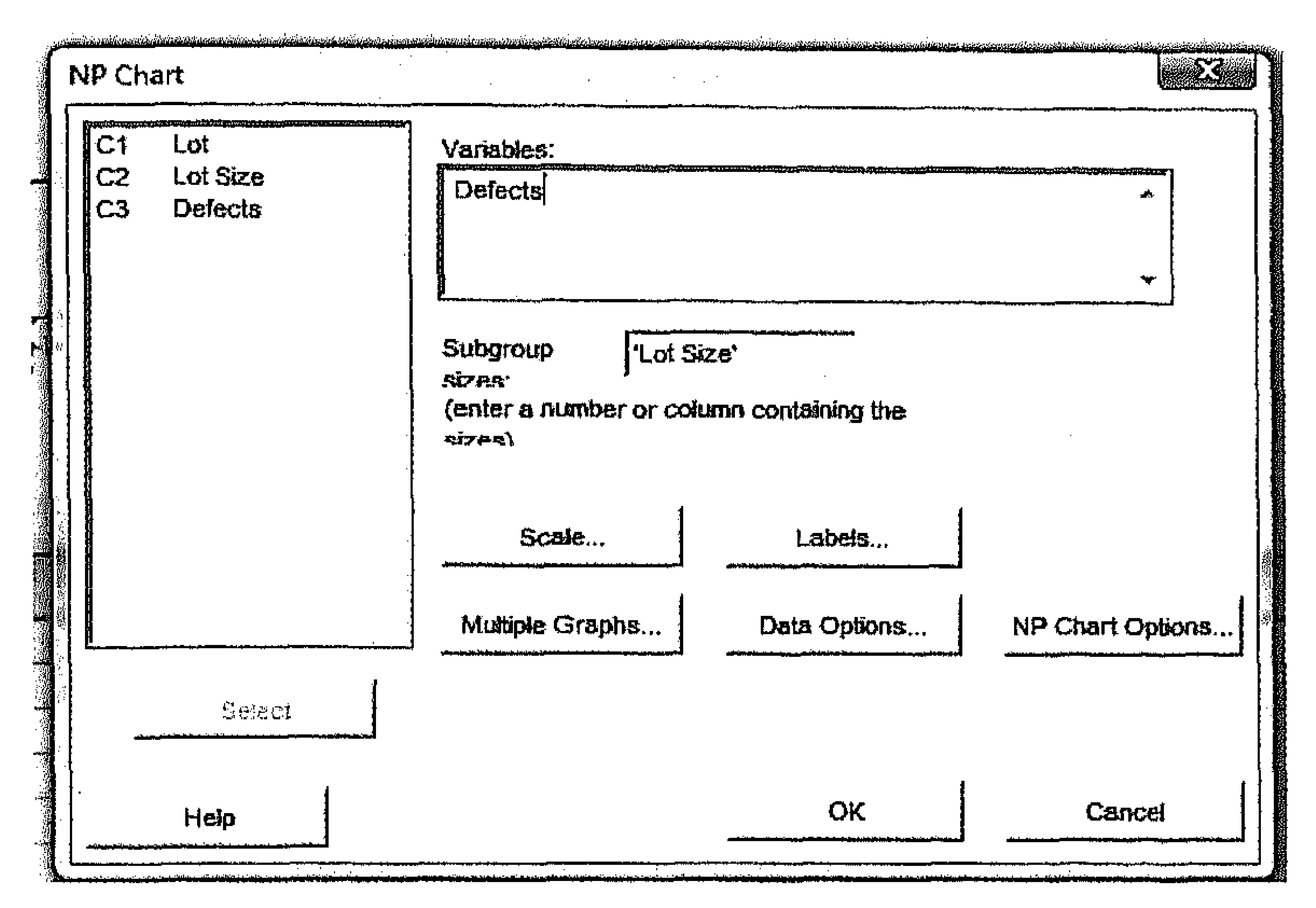
الجدول ٥-١١ عدد العيوب في المضخات الهيدروليكية

عن طريق رسم خريطة المراقبة (np chart) سنقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية لدى الشركة.

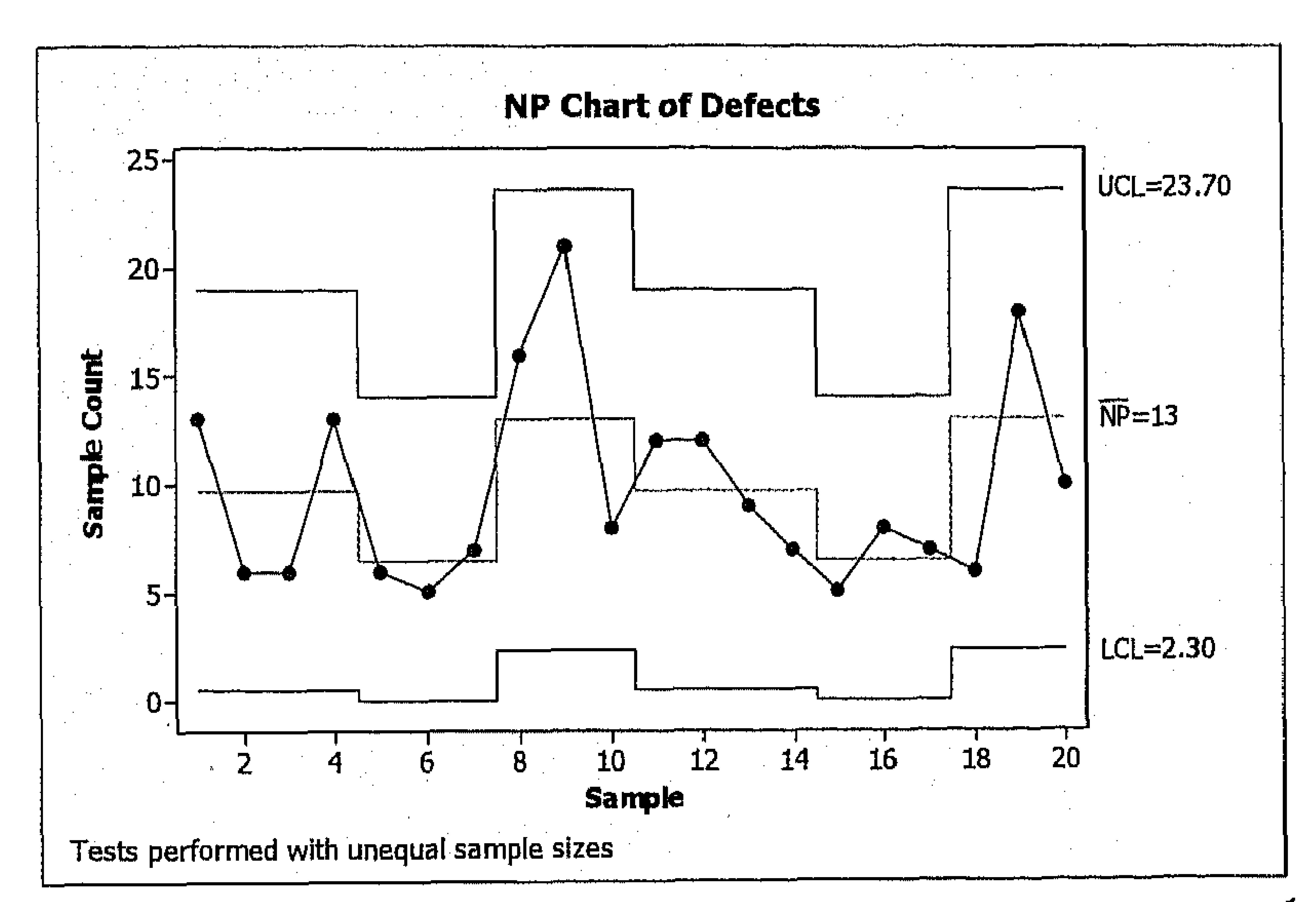
الحل : بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Attributes Charts) ثم (...NP). بعدها تفتح نافذة حوار (NP Chart) حينها نقوم بإختيار البيانات (Defects) في (Variables) و(Lot size) في (Subgroup size) كما هو موضح على الشكل (٥-٢٠ و ٥-٢١) ثم نختار (OK). لنحصل على خريطة عدد الوحدات غير المطابقة للعملية التصنيعية (np Chart) الموضحة على الشكل (٥-٢٢) والتي تبين أن كل التغيرات في العملية تعتبر تغيرات طبيعية ومنه فإن العملية الخدمية التصنيعية مستقرة وتقع تحت المراقبة الإحصائية.



الشكل ٥-٢٠ عمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة بإستخدام برنامج المينيتاب



الشكل ٥-٢١ إدخال البيانات لعمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة



الشكل ٥-٢٢ خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة في العملية التصنيعية

٦ خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart)

٦-١ المفهوم العام للخريطة والخطوات العملية لعملها

تسمى هذه الخريطة أيضا بالخريطة المعيارية لعدد العيوب (Standardized c chart) وتستعمل حينما يكون من الصعب الحصول على وحدة منتج بحجم أو أبعاد ثابتة مثال قطع من القماش بأبعاد مختلفة تحتوي على أعداد من الأخطاء والعيوب (١٢ عيب في المتر المربع من القماش) ويتم هنا حصر عدد العيوب في الوحدة المفحوصة (أي قطعة القماش) وليس في المتر المربع منه. كما تستعمل أيضا خريطة (u chart) لما تكون العينة المفحوصة تحتوي على أكثر من وحدة واحدة من المنتج بحيث أن كل وحدة تحتوي على أكثر من عيب. نلاحظ هنا، عزيزي الدارس، أنه بعكس خريطة عدد العيوب (c chart) أين يكون حجم العينة ثابتا، فإن حجم العينة في خريطة (u chart) قد يكون متغيرا بمعنى أن عدد الوحدات المفحوصة يختلف من عينة لأخرى. تتلخص **الطريقة العملية لإنشاء خريطة المراقبة لعدد العيوب في الوحدة الواحدة** (u chart) في الخطوات الأساسية التالية:

الخطوة الأولى: نقوم **بسحب g عينة من العملية** خلال فترات مختلفة بحيث تحتوي كل عينة على n(i) وحدة منتج ونقوم **برصد عدد العيوب** c(i) في كل عينة (i). تسجل هذه البيانات في جدول النتائج.

الخطوة الثانية : نحسب عدد العيوب لكل وحدة منتج وهو حاصل قسمة عدد العيوب في كل عينة على عدد الوحدات في العينة أي:

$$u(i) = \frac{c(i)}{n(i)}$$

الخطوة الثالثة : نحسب **متوسط عدد العيوب لكل وحدة** ويمثل هذا الخط المركز للخريطة :

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^{g} c(i)}{\sum_{i=1}^{g} n(i)} = \frac{c(1)+c(2)+........+c(g)}{n(1)+n(2)+........+n(g)}$$

نقوم بعد ذلك **بحساب حدود الضبط** لخريطة (u chart) وهذا حسب المعادلات التالية:

الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$$

و **الحد الأدنى للضبط :**

$$LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$$

يجب أن نلاحظ هنا أن هذه الحدود فردية وخاصة لكل عينة، أي أن لكل عينة حدا للضبط خاصا بها وهو يتغير من عينة لأخرى.

الخطوة الرابعة : نقوم بعد ذلك **برسم الخريطة** والتي نرسم فيها عدد العيوب لكل وحدة منتج u(i) بدلالة رقم العينة (i) مع تحديد الخط المركز وحدود الضبط العليا والسفلى.

الخطوة الخامسة : نقوم **بدراسة وتحليل الخريطة** لملاحظة أي انحراف في العملية.

٦-٢ أمثلة تطبيقية لخريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart)

لتوضيح طريقة إنشاء خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) سوف نقوم بعرض أمثلة حيث نقوم بحل المثال الأول حلا يدويا في حين نقوم بحل الثاني والثالث باستخدام برامج الميكروسفت إكسل والمينيتاب وهذا حتى ترسخ لدينا طريقة عمل هذه الخريطة للمراقبة وكيفية إستعمالها لدراسة إستقرار العمليات الإنتاجية والخدمية وإجراء التحسينات المستمرة فيها بما يحقق الجودة في المنتجات والخدمات ويؤدي إلى رضا العملاء والتميز في الأداء.

٦-٢-١ عمل خريطة (u chart) مع الحل اليدوي

في مصنع للقماش، وقصد دراسة استقرار العملية الإنتاجية قام مفتش الجودة بسحب عشرة لفات من القماش المصنع ذات مقاسات مختلفة ورصد عدد العيوب في كل لفة على الجدول (٥-١٢).

العينة (لفة القماش)	مساحة قطعة القماش (م^{٢})	عدد العيوب
1	200	5
2	80	7
3	100	3
4	300	15
5	120	4
6	90	6
7	250	10
8	50	1
9	100	6
10	70	2

الجدول ٥-١٢ نتائج فحص ١٠ لفات قماش ذات أحجام مختلفة

الحل: يجب أن نلاحظ هنا عزيزي الدارس أن حجم العينة (مقاسات لفات القماش) يختلف من عينة إلى أخرى وفي هذه الحالة إذا درسنا هذه العملية الإنتاجية من خلال رسم خريطة عدد العيوب (c chart) فهذا سيؤدي بنا إلى أخطاء جسيمة حيث أن القيم المطلقة لعدد العيوب لا تعطي الدلالة الكافية عن التغيرات في العملية وقد تعطي دلالات عكسية، لهذا فإن الخريطة المناسبة هنا هي خريطة (u chart) التي تتعامل مع عدد العيوب للوحدة الواحدة والتي سنأخذها هنا وحدة المتر المربع من القماش، لذلك فإننا سنبدأ **بحساب عدد العيوب لكل متر مربع** في كل العينات المفحوصة وهذا حسب العلاقة:

$$u(i) = \frac{c(i)}{n(i)}$$

أين لدينا عدد العيوب في كل عينة : c(i) وعدد الوحدات في كل عينة (مساحة اللفة) : n(i)

و منه نحسب مثلا للعينة ١ و٢ و٣ :

$$u(1) = \frac{c(1)}{n(1)} = 5/200 = 0.025$$

$$u(2) = \frac{c(2)}{n(2)} = 7/80 = 0.088$$

$$u(3) = \frac{c(3)}{n(3)} = 3/100 = 0.030$$

و بنفس الطريقة نقوم بحساب u(i) لبقية العينات حتى العينة ١٠ وندون النتائج على الجدول (٥-١٣) كما هو موضح أدناه.

العينة (لفة القماش)	مساحة اللفة (م٢)	عدد العيوب	عدد العيوب لكل (م٢)
1	200	5	0.025
2	80	7	0.088
3	100	3	0.030
4	300	15	0.050
5	120	4	0.033
6	90	6	0.067
7	250	10	0.040
8	50	1	0.020
9	100	6	0.060
10	70	2	0.029

جدول ٥-١٣ حساب عدد العيوب لكل وحدة (م٢)

نحسب الآن **متوسط عدد العيوب** لكل وحدة والذي سيكون هو الخط المركز للخريطة :

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^{g} c(i)}{\sum_{i=1}^{g} n(i)} = \frac{c(1) + c(2) + \dots\dots + c(10)}{n(1) + n(2) + \dots\dots + n(10)}$$

$$\bar{u} = \frac{5+7+3+15+4+6+10+1+6+2}{200+80+100+300+120+90+250+50+100+70}$$
$$\bar{u} = \frac{59}{1360} = 0.043$$

بعدها نقوم **بحساب حدود الضبط لخريطة** (u chart) مع العلم أن حدود الضبط ستكون مختلفة من عينة لأخرى بحيث نحسب **الحد الأعلى للضبط** لكل عينة حسب العلاقة:

$$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$$

العينة ١ :

$$UCL_u(1) = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(1)}} = 0.043 + 3\sqrt{\frac{0.043}{200}} = 0.087$$

والعينة ٢ :

$$UCL_u(2) = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(2)}} = 0.043 + 3\sqrt{\frac{0.043}{80}} = 0.113$$

وبالطريقة نفسها **يحسب الحد الأعلى للضبط** لبقية العينات.

ثم نحسب الحد الأدنى للضبط لكل عينة حسب العلاقة:

$$LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$$

العينة ١ :

$$LCL_u(1) = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(1)}} = 0.043 - 3\sqrt{\frac{0.043}{200}}$$
$$LCL_u(1) = -0.0007 \rightarrow 0$$

والعينة ٢ :

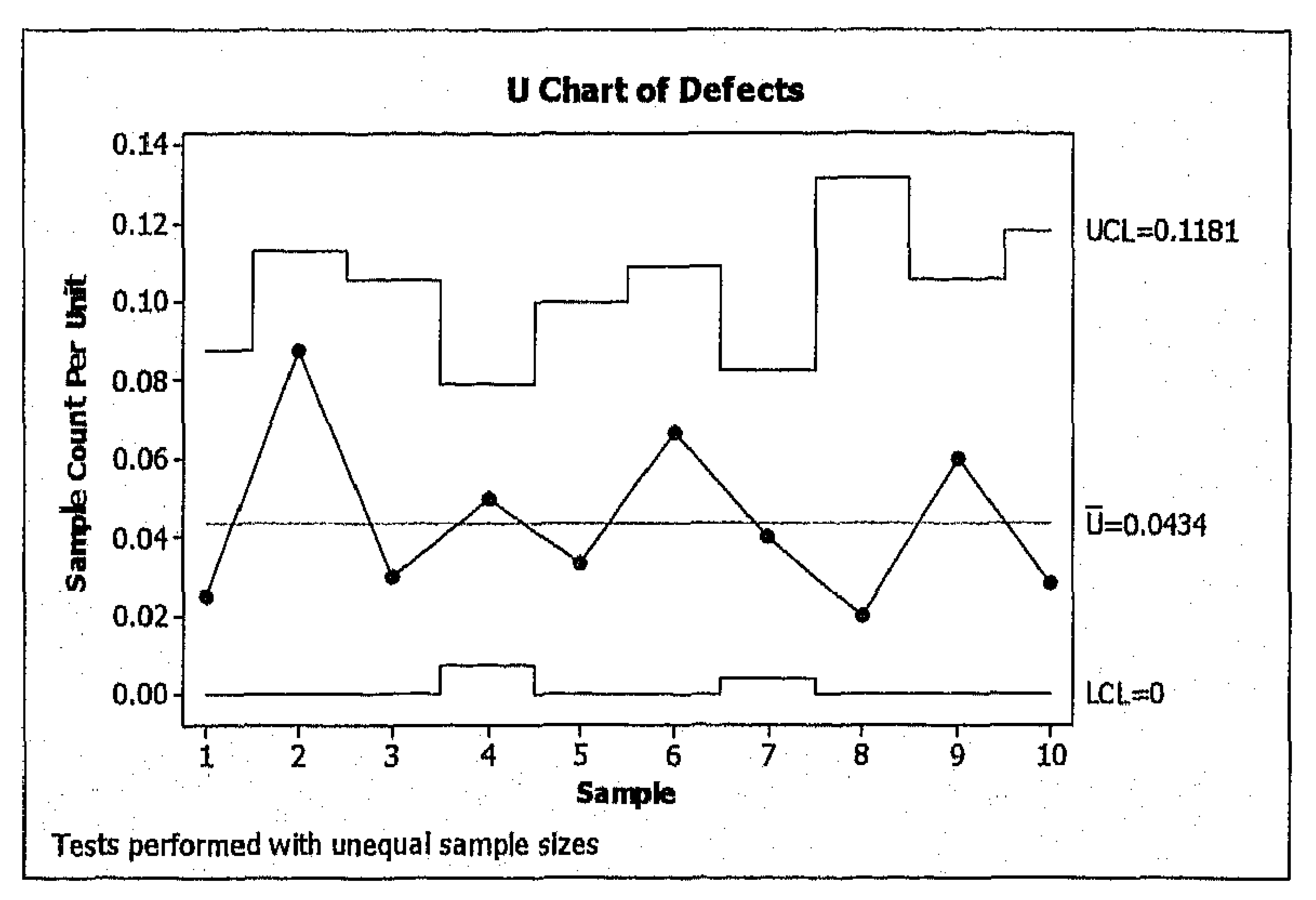
$$LCL_u(2) = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(2)}} =$$
$$LCL_u(2) = 0.043 - 3\sqrt{\frac{0.043}{80}} = -0.026 \rightarrow 0$$

وكذلك نقوم بحساب الحد الأدنى للضبط لبقية العينات بنفس الطريقة. بعد إجراء حسابات حدود الضبط لجميع العينات نسقط هذه النتائج على الجدول (٥-١٤) كما هو موضح أدناه:

العينة i	$\overline{u}$	UCL_u	LCL_u
1	0.043	0.088	0
2	0.043	0.113	0
3	0.043	0.106	0
4	0.043	0.079	0
5	0.043	0.100	0
6	0.043	0.109	0
7	0.043	0.083	0
8	0.043	0.132	0
9	0.043	0.106	0
10	0.043	0.118	0

جدول ٥-١٤ حساب حدود الضبط لخريطة (u chart)

نقوم بعد ذلك **برسم الخريطة** والتي نرسم فيها عدد العيوب لكل وحدة منتج u(i) بدلالة رقم العينة (i) مع تحديد الخط المركز $\overline{u}$ وحدود الضبط (UCL_u, LCL_u) ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٥-٢٣).



الشكل ٥-٢٣ خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) لقطع القماش

دراسة وتحليل الخريطة: من خلال خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) الموضحة على الشكل (٥-٢٣) يتبين لنا أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وأن التغيرات التي تجري في العملية تعتبر تغيرات طبيعية (Natural variations) ومنه يمكن استنتاج أن العملية مستقرة (Stable Process) وأنها تقع تحت المراقبة الإحصائية (in Statistical Control).

٦-٢-٢ عمل خريطة (u chart) على برنامج الإكسل

في شركة شحن جوي قام مفتش الجودة بفحص مجموعة من الفواتير لتحديد الأخطاء التي يرتكبها موظفوه كل يوم ولمدة شهر كامل ورصد النتائج على الجدول (٥-١٥). من خلال خريطة المراقبة (u chart) للعملية الخدمية للشركة نود دراسة استقرار هذه العملية، ونظرا لكثرة البيانات وطول الحسابات في هذا المثال فسوف نستعمل برنامج الميكروسفت إكسل.

لعمل خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) على برنامج الميكروسفت أكسل ابدأ بفتح ورقة عمل جديدة وأدخل البيانات بحيث تدخل رقم اليوم i في العمود A وعدد الفواتير المفحوصة n(i) في العمود B وعدد الأخطاء في كل عينة c(i) في العمود C. ننصحك عزيزي الدارس أن تضيف في بداية الورقة بعض العبارات التوضيحية للمثال حتى يتسنى لك الرجوع إليها مستقبلا كما هو موضح على الشكل (٥-٢٤).

نقوم الآن **بحساب عدد العيوب لكل وحدة** حسب العلاقة $u(i) = c(i)/n(i)$ وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية حيث أننا نحسب للعينة ١ قيمة $u(1) = c(1)/n(1)$ ولذلك نضغط بالفأرة على الخلية D7 ونضع علامة = ونستعمل الصيغة C7/B7 بعد ذلك نطبق نفس الصيغة على بقية العينات وهذا بجر الفأرة مضغوطة من الخلية D7 إلى الخلية D36.

لحساب القيمة المتوسطة لعدد العيوب لكل وحدة $\bar{u}$ نحسب أولا بسط المعادلة والذي نضع نتيجته في الخلية C37 حسب الصيغة =SUM(C7:C36) وكذلك مقام المعادلة والذي نضع نتيجته في الخلية B37 حسب الصيغة "=SUM(B7:B36)" ومن ثم قيمة $\bar{u}$ ونضع نتيجتها في الخلية C39 وباستعمال الصيغة "=C37/B37" وتكون نتيجة الحساب $\bar{u} = 1.2005$ نقوم بتسجيل هذه القيمة في خلايا العمود E لاستعمالها في رسم الخريطة ولحساب حدود الضبط لكل عينة.

اليوم i	عدد الفواتير n(i)	عدد الأخطاء c(i)	اليوم i	عدد الفواتير n(i)	عدد الأخطاء c(i)
1	110	120	16	85	92
2	82	94	17	101	140
3	96	89	18	42	60
4	115	162	19	97	121
5	108	150	20	92	108
6	56	82	21	100	131
7	120	143	22	115	119
8	98	134	23	99	93
9	102	97	24	57	88
10	115	145	25	89	107
11	88	128	26	101	105
12	71	83	27	122	143
13	95	120	28	105	132
14	103	116	29	98	100
15	113	127	30	48	60

جدول ٥– ١٥ بيانات عن عدد الأخطاء في الفواتير لدى شركة الشحن الجوي

الشكل ٥–٢٤ إدخال البيانات وتهيئة ورقة الأكسل لعمل خريطة (u chart) لشركة الشحن الجوي

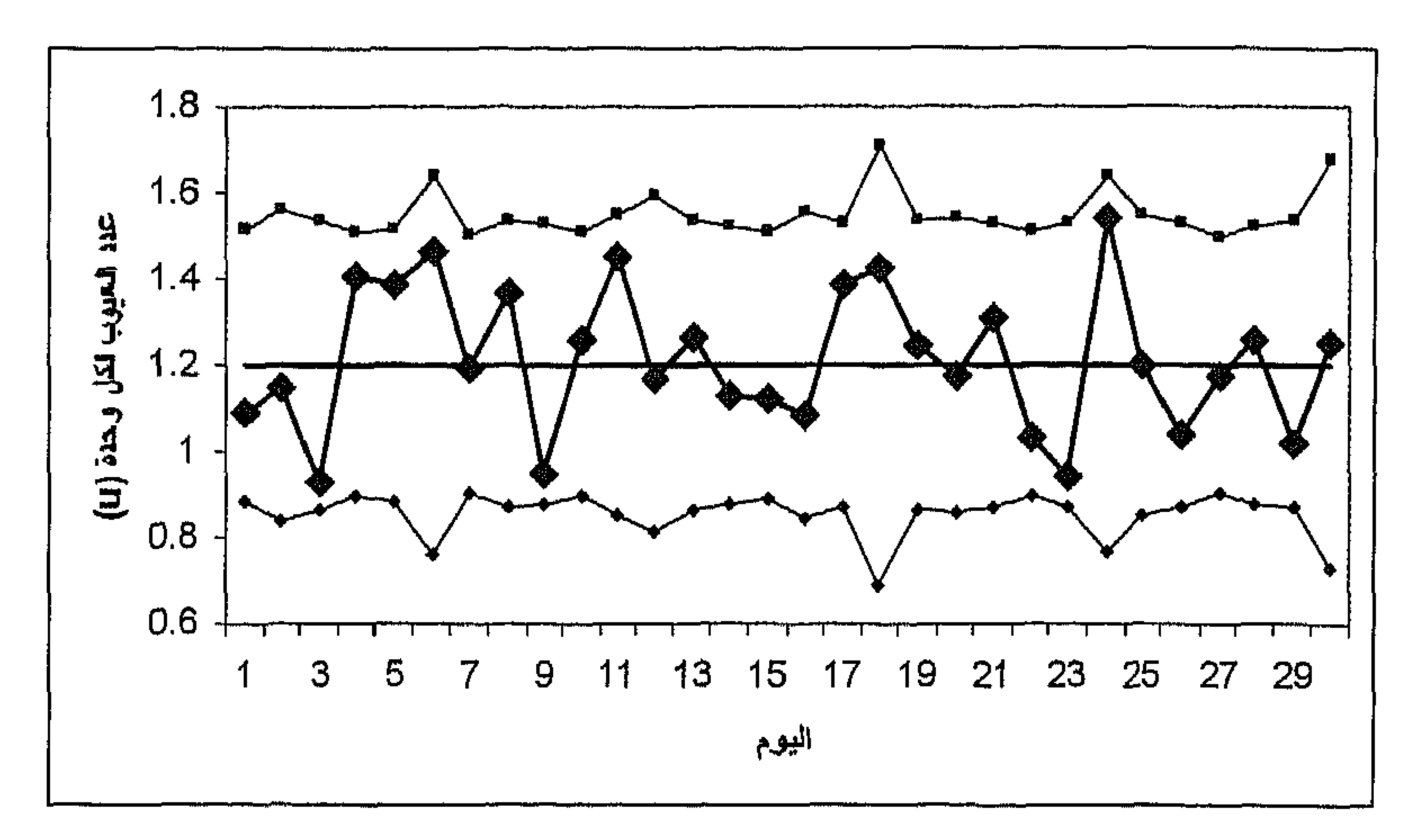
قصد تبسيط **حساب حدود الضبط العليا** والدنيا لكل عينة يستحسن حساب قيمة $\overline{u}/n(i)$ لكل عينة والتي سنضع نتيجتها في العمود F، حيث نبدأ بالعينة ١ حيث نضغط في الخلية F7 ونكتب علامة = ونستعمل الصيغة الحسابية E7/D7= ، ومن ثم نطبق نفس الصيغة على بقية العينات أي من الخلية F7 إلى الخلية F36.

نقوم الآن بعملية **حساب الحد الأعلى لكل عينة** ونبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط على الفأرة في الخلية G7 ونكتب الصيغة E7+3*SQRT(F7)= كما هو موضح على الشكل (٥-٢٥) وبعدها نطبق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود G.

الشكل ٥-٢٥ حساب حدود الضبط لخريطة (u chart) لشركة الشحن الجوي

وبالطريقة نفسها **نحسب الحد الأدنى للضبط لكل عينة** ونبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط على الفأرة في الخلية H7 ونكتب الصيغة E7-3*SQRT(F7)= وبعدها نطبق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود H لحساب الحد الأدنى لبقية العينات.

إلى هذه النقطة نكون قد قمنا بإجراء جميع العمليات الحسابية الضرورية لرسم الخريطة التي سنستعمل لرسمها معالج التخطيطيات (chart wizard) كما تم شرحه سابقا ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٥-٢٦).



الشكل ٥-٢٦ خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) لشركة الشحن الجوي

دراسة وتحليل الخريطة : من خلال هذه الخريطة نلاحظ أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وأن نمط التغيرات في العملية يعتبر طبيعيا (Natural Variations) ومنه يستنتج أن العملية مستقرة (Stable Process) وتقع تحت المراقبة الإحصائية (In Statistical Control).

٦-٢-٣ عمل خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة بإستخدام برنامج المينيتاب (u chart using Minitab)

سجل مدير الجودة في أحد المستشفيات عدد الشكاوي بنوعيها العادية (Typical complaints) والخطرة (Serious complaints) التي تم تسجيلها من طرف المرضى الذين غادروا المستشفى في كل يوم خلال شهر وكانت النتائج المسجلة

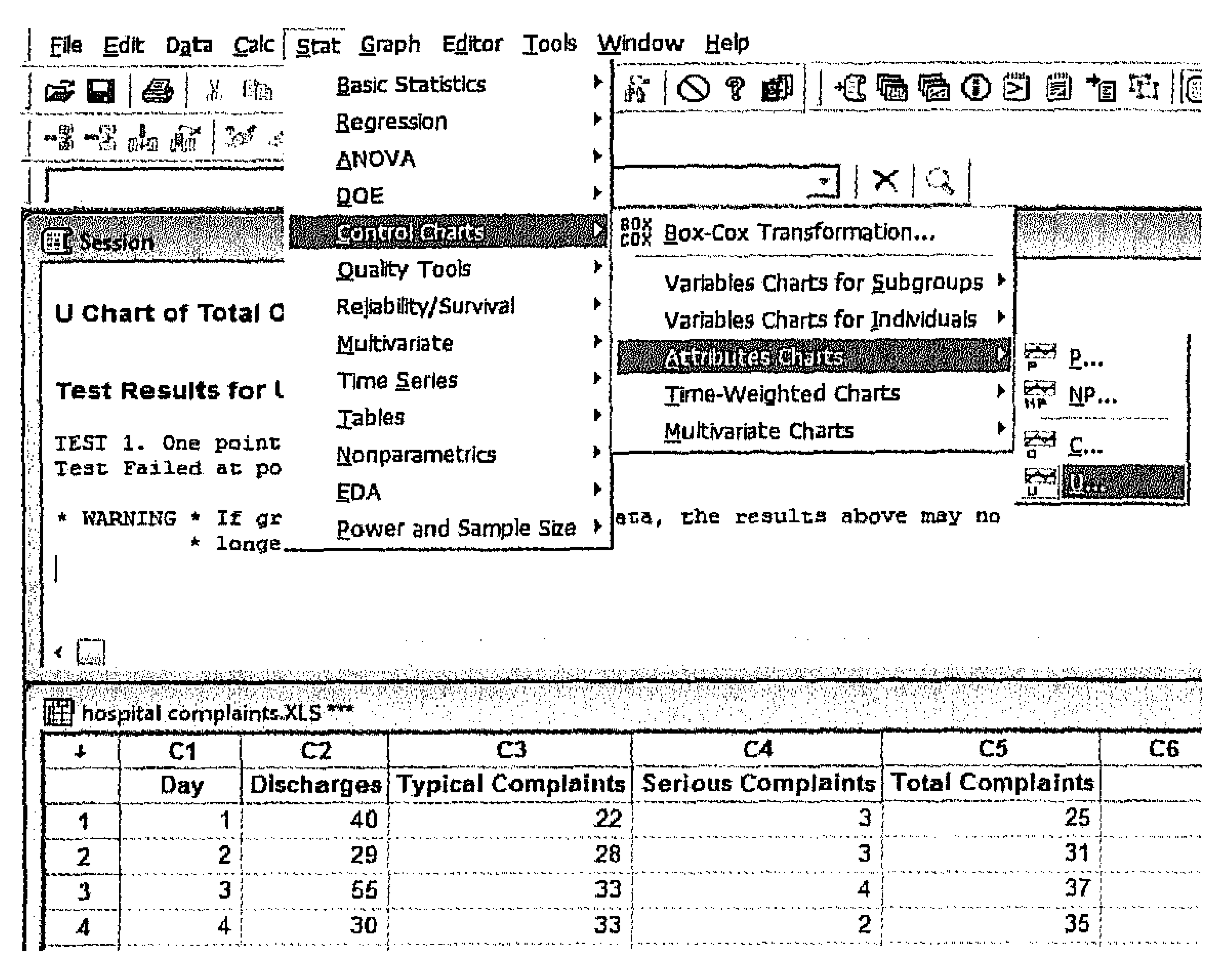
على الجدول (٥-١٦). عن طريق رسم خريطة المراقبة (u chart) سنقوم بدراسة استقرار العملية الخدمية في المستشفى.

اليوم Day	عدد المرضى المغادرين Discharges	عدد الشكاوي العادية Typical Complaints	عدد الشكاوي الخطرة Serious Complaints
1	40	22	3
2	29	28	3
3	55	33	4
4	30	33	2
5	22	3	0
6	33	32	1
7	40	23	2
8	35	38	2
9	34	23	2
10	50	33	1
11	22	32	2
12	30	39	4
13	21	23	2
14	45	22	3
15	30	22	3
16	30	33	1
17	30	44	1
18	35	27	2
19	25	33	1
20	40	34	4
21	55	44	1
22	55	33	1
23	70	52	2
24	34	24	2
25	40	45	2

الجدول ٥-١٦ بيانات الشكاوي لمرضى المستشفى

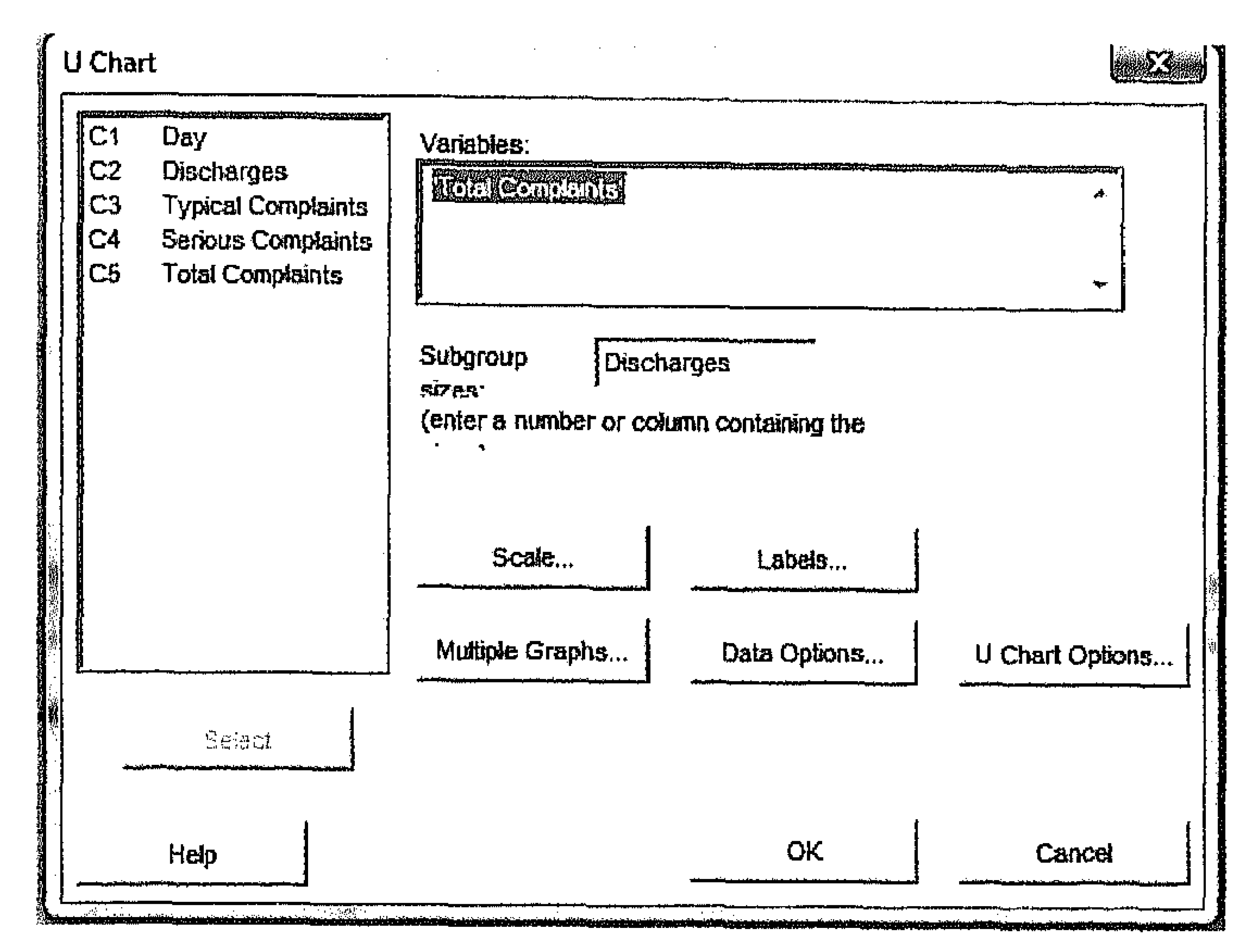
الحل: بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Attributes Charts) ثم (U...). بعدها تفتح نافذة حوار (U Chart) حينها نقوم بإختيار البيانات (Total Complaints) في (Variables)

و(Discharges) في (Subgroup size) كما هو موضح على الشكل (٥-٢٧ و٥-٢٨) ثم نختار (OK). لنحصل على خريطة عدد الشكاوي لكل مريض في المستشفى (U Chart) الموضحة على الشكل (٥-٢٩).

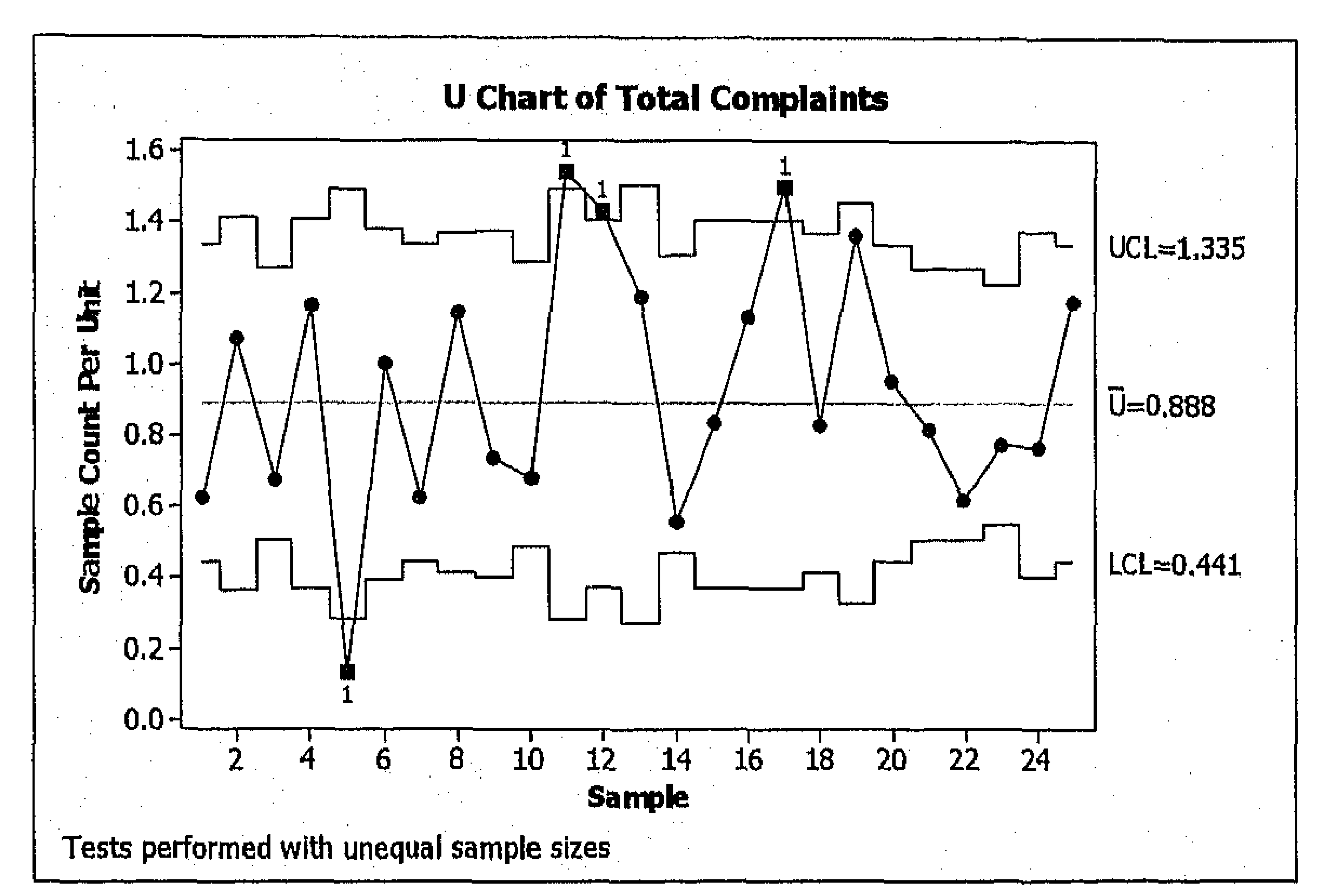


↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Day	Discharges	Typical Complaints	Serious Complaints	Total Complaints	
1	1	40	22	3	25	
2	2	29	28	3	31	
3	3	55	33	4	37	
4	4	30	33	2	35	

الشكل ٥-٢٧ خطوات عمل خريطة المراقبة لعدد الشكاوي لكل مريض (u Chart) على برنامج الميناتاب



الشكل ٥-٢٨ إدخال البيانات لخريطة المراقبة لعدد الشكاوي لكل مريض



الشكل ٥-٢٩ خريطة المراقبة لعدد الشكاوي لكل مريض (u Chart) في المستشفى

يتضح من الخريطة وجود نقاط خارجة عن حدود الضبط وهذا مؤشر على أن العملية الخدمية في المستشفى تقع تحت تأثير أسباب خاصة وهي غير مستقرة إحصائيا

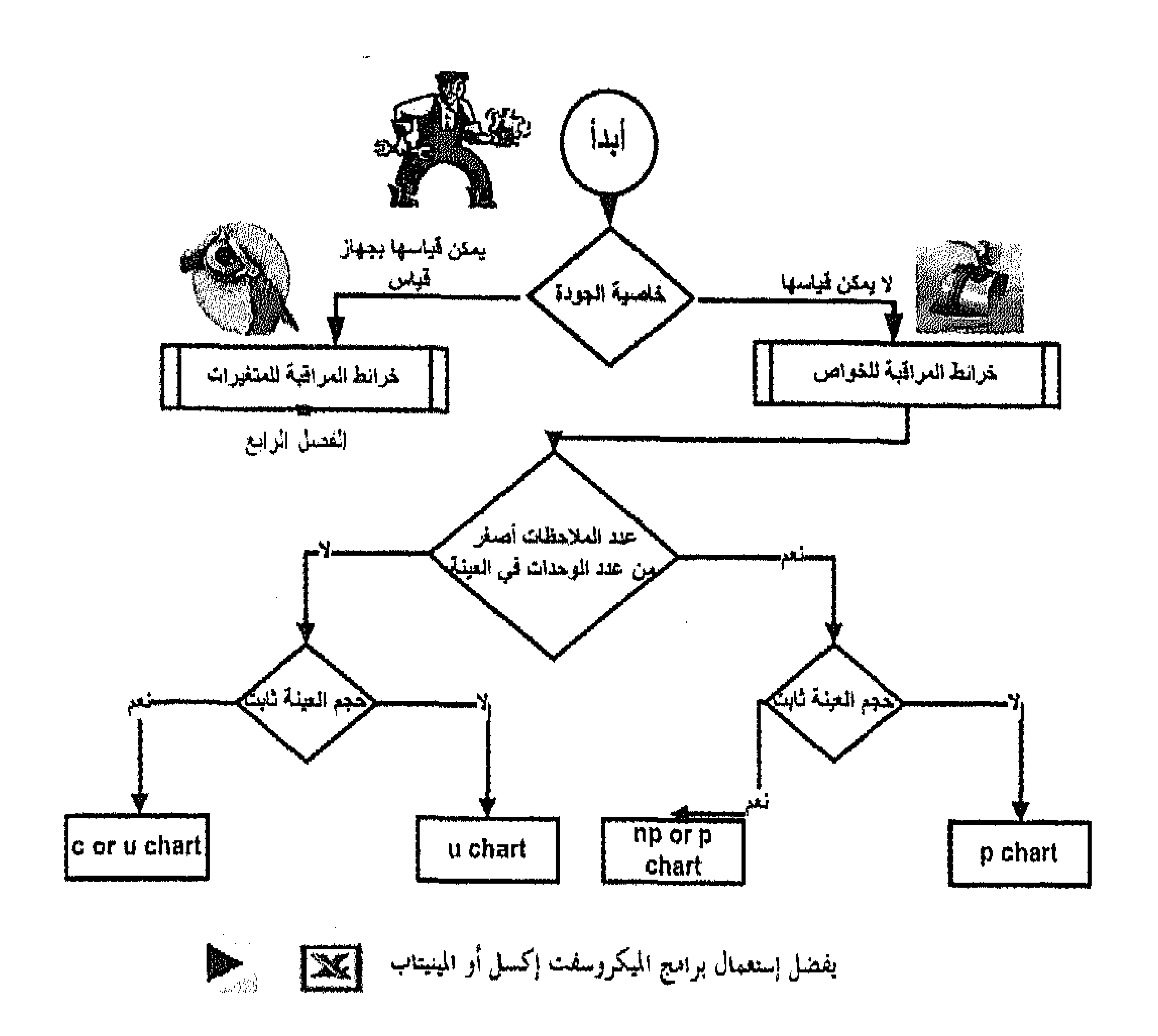
ويتوجب على إدارة المستشفى العمل على إزالة الأسباب الخاصة التي أدت إلى التغيرات والاختلافات الكبيرة في عدد الشكاوي من المرضى وتفعيل دور قسم علاقات المرضى للتباحث معهم حول سبل تحسين الخدمات المقدمة لهم بما يحقق رضاهم ويحقق أعلى معايير التميز في الأداء.

٧ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص

لقد قمنا في هذا الفصل بعرض تقنية خرائط المراقبة للخواص (Control charts for Attributes) حيث وضحنا الطريقة العملية لإنشاء هذه الخرائط واستعمالاتها في مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية. في هذه الفقرة، سنعرض الجدول (٥-١٧) الذي نلخص فيه أهم المعلومات التي وردت في الفقرات السابقة حول خصائص خرائط المراقبة للخواص وظروف استعمالاتها ويعتبر هذا هذا الجدول كدليل مساعد في تحديد الخريطة المناسبة للعملية التي نود مراقبتها مع الاستفادة من المخطط الموضح على الشكل (٥-٣٠) كما نقدم خلاصة للقوانين المستعملة في حساب حدود الضبط لخرائط مراقبة الخواص في الجدول (٥-١٨).

		خريطة المراقبة للخواص	
		وحدات غير مطابقة	العيوب
حجم العينة	ثابت	np chart	c chart (n=1)
	ثابت أو متغير	p chart	u chart

الجدول ٥-١٧ اختيار نوع خريطة المراقبة للخواص (Besterfield, p.273)



الشكل ٥-٣٠ المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة للخواص المناسبة

خريطة المراقبة	الخط المركز	الحد الأدنى للضبط	الحد الأعلى للضبط
c chart	$\overline{C}$	$LCL_c = \overline{C} - 3\sqrt{\overline{C}}$	$UCL_c = \overline{C} + 3\sqrt{\overline{C}}$
p chart	$\overline{p}$	$LCL_p = \overline{p} - 3\sqrt{\dfrac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}}$	$UCL_p = \overline{p} + 3\sqrt{\dfrac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}}$
np chart	$n\overline{p} = n \times \overline{p}$	$UCL_{np} = n\overline{p} - 3\sqrt{n\overline{p}(1-\overline{p})}$	$UCL_{np} = n\overline{p} + 3\sqrt{n\overline{p}(1-\overline{p})}$
u chart	$\overline{u} = \dfrac{\sum_{i=1}^{g} c(i)}{\sum_{i=1}^{g} n(i)}$	$LCL_u = \overline{u} - 3\sqrt{\dfrac{\overline{u}}{n(i)}}$	$UCL_u = \overline{u} + 3\sqrt{\dfrac{\overline{u}}{n(i)}}$

الجدول ٥-١٨ جدول قوانين حساب حدود الضبط في خرائط المراقبة للخواص

٨ خارطة الطريق في استعمال خرائط المراقبة في عمليات التحسين

عزيزي القارئ، لقد تعرفنا مع بعض من خلال الفصل الرابع والخامس على أهم أنواع خرائط المراقبة (Control Charts) كأهم الأدوات العملية المستعملة في مراقبة وضبط العمليات الإنتاجية والخدمية والتي أدرجت ضمن فلسفات التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement) كإدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) والستة سيجما (Six Sigma)، وتعتبر خرائط المراقبة العمود الفقري للمراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control) التي تعتبر بدورها أحد العناصر الأساسية لضبط الجودة (Quality Control).

٨-١ الخطوات الأساسية في استعمال خرائط المراقبة

لقد وضحنا في الفقرة ٢ من الفصل السابق بأنه من خلال استعمال خرائط المراقبة للمتغيرات أو الخواص يمكن للمنشأة الإنتاجية أو الخدمية تحقيق أهداف مهمة تكمن فيما يلي:

- الاكتشاف المبكر لمشاكل الجودة قبل الاسترسال في إنتاج كميات كبيرة من المنتج دون المواصفات وبالتالي تخفيض التكاليف.
- التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement).
- تحليل مقدرة العمليات (Process Capability Analysis).
- تحديد مواصفات المنتج (Product Specifications).
- الرفع من الكفاءة الإنتاجية (Increased Productivity)

ولتحقيق هذه الأهداف في المنشأة يجب مراعاة الخطوات الأساسية لاستعمال خرائط المراقبة والتي تتلخص فيما يلي:

الخطوة ١ – عند ظهور مشكلات في جودة المنتج أو الخدمة يتوجب على الفريق القائم على العملية دراسة هذه المشكلات وتحليل المنتج (أو الخدمة) وهذا باستعمال إحدى الأدوات الأساسية السبع للجودة (The seven Basic Quality Tools) التي قمنا بشرحها في الفصل الثاني من هذا الكتاب. كما يتوجب علينا تحديد سبل التعامل مع هذه المشاكل وإيجاد الطرق العملية لحلها وإزالتها من العملية.

الخطوة ٢ – بعد تحديد المنتج في ضوء خصائصه وطبيعته ينبغي اختيار الخريطة المناسبة لمراقبة العملية: لقد عرفنا أن خرائط المراقبة تنقسم إلى نوعين رئيسين وهما خرائط المراقبة للمتغيرات (Control charts for variables) وخرائط المراقبة للخواص أو المميزات (Control charts for Attributes). تستخدم خرائط المتغيرات في حالة إمكانية قياس خاصية الجودة في حين تستعمل خرائط الخواص في حالة عدم إمكانية القياس لخاصية الجودة وإنما يتم الحكم عليها عملا بمبدأ مقبول أو مرفوض أو مطابق أو غير مطابق بعد مقارنة الخاصية مع مواصفة قياسية معينة. لاختيار الخريطة المناسبة من بين الأنواع التي تم التطرق إليها في هذا الكتاب، يمكنك عزيزي الدارس، الاستعانة بالمخطط الموضح على الشكل (٥-٣٠) في آخر هذه الفقرة مع مراعاة المميزات والعيوب لكل نوع من الخرائط كما نشير إليه في الفقرة القادمة.

الخطوة ٣ – بعد تحديد الخريطة المناسبة لطبيعة العملية التي نود مراقبتها، يتضح لنا نوع البيانات الضرورية لعمل الخريطة وهنا لدينا اختيارين اثنين:

- إما تجميع بيانات عن المنتج لفترة زمنية محددة في المستقبل، أو
- استعمال بيانات مجمعة خلال فترات زمنية سابقة عن العملية.

الخطوة ٤ – ترسم الخريطة مع الخط المركز (CL) والحد الأعلى للضبط (UCL) والحد الأدنى للضبط (LCL) وتسقط عليها بيانات المنتج ونقوم بتحليلها. فإذا وقعت أي نقطة خارجة حدود الضبط أو حدث أي نمط في تسلسل النقاط اعتبرت العملية غير مستقرة إحصائيا (Process out of control) وهي واقعة تحت تأثير أسباب خاصة (Assignable causes) يجب البحث عنها وإتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة (Correctives actions) وإعادة حساب حدود ضبط جديدة للعملية.

الخطوة ٥ – في حالة وقوع العملية الإنتاجية تحت الضبط الإحصائي (Process in statistical control) ومطابقة المنتج مع المواصفات، تعتبر الخريطة قياسية وتستعمل حدود الضبط كمعايير لمراقبة العملية مستقبلا.

الخطوة ٦ – من الضروري أن نلاحظ هنا أنه يتوجب علينا إعادة حساب حدود الضبط للعملية المستقرة إحصائيا في حالة حدوث تغييرات أساسية فيها كتغيير للآلات الإنتاجية أو تغيير طرق العمل إلخ...

٨-٢ اختيار خريطة المراقبة المناسبة

تعتبر عملية اختيار الخريطة المناسبة لمراقبة العملية الإنتاجية أو الخدمية أمرا مهما وقد تواجه أي عامل في مجال ضبط الجودة. في هذه الفقرة نقدم بعض الملاحظات التي تسمح باختيار الخريطة المناسبة للحالة التي نقوم بدراستها، وسنبدأ بإجراء مقارنة بين خرائط المراقبة للمتغيرات وخرائط المراقبة للخواص أين نوضح مزايا وعيوب كل نوع منها يليها بعد ذلك عرضا لمخطط عملي يساعد على اختيار خريطة المراقبة المناسبة.

٨-٢-١ مقارنة بين خرائط المراقبة للمتغيرات وخرائط المراقبة للخواص

أ – مزايا وعيوب خرائط المراقبة للخواص : الميزة الرئيسية لهذا النوع من الخرائط هي أنها تسمح بتلخيص سريع لمختلف جوانب جودة المنتج أو الخدمة، أي أنه يمكن وبسهولة تحديد المنتج كمقبول أو مرفوض وهذا بناءا على معايير معينة للجودة. إذا فإن استعمال خرائط المراقبة للخواص يسمح بتجاوز إجراء عمليات القياس على خصائص الجودة . هذه العمليات عادة ما تكون مكلفة وتستغرق مدة زمنية طويلة، إضافة إلى هذا فإن هذه الخرائط سهلة القراءة والفهم خاصة بالنسبة للشخص غير المتخصص في تقنيات ضبط الجودة وبالتالي يمكن أن نستعملها كأداة إقناع إدارية عن وجود مشاكل في جودة المنتج وفي سير العملية الإنتاجية أو الخدمية. كما يمكن أن يعيب على خرائط المراقبة للخواص كونها لا تعطي إلا صورة عامة عن الجودة ولا تسمح بالحصول على معلومات تفصيلية عن الخواص المختلفة لجودة المنتج أو الخدمة.

ب – مزايا وعيوب خرائط المراقبة للمتغيرات : إن لخرائط مراقبة المتغيرات حساسية أكبر في تحديد المتغيرات من خرائط المراقبة للخواص (Montgomery 1985)، فمن خلال خرائط المتغيرات يمكن الحصول على تنبيه مبكر عن وجود مشاكل في الجودة قبل الاسترسال في إنتاج كميات كبيرة من المنتج الغير مطابق للمواصفات (أي الإنتاج المعيب الذي يمكن اكتشافه عن طريق خرائط المراقبة للخواص بعد الإنتاج). حسب نفس العا لم فإن خرائط المراقبة للمتغيرات تلعب دور المؤشر القيادي والمنبه على حدوث مشكلات في العملية قبل أن يتم إنتاج أعداد كبيرة من المنتج المعيب. من بين أهم العيوب لخرائط المراقبة للمتغيرات ما يلي:

- إن عمل هذه الخريطة يتطلب إجراء عمليات قياس دقيقة لخصائص المنتج وعادة ما تكون هذه العملية مكلفة وتستغرق وقتا ومجهودا إضافة إلى ضرورة إجرائها من طرف فني له مهارة في مجال القياسات (Metrology).
- لا يُمكن قراءتها وفهمُها بسهولة وإنما يتطلب ذلك تدريب ومهارة في استخلاص النتائج الصحيحة من التغيرات التي تبديها الخريطة.

٨-٢-٢ المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة المناسبة

في نهاية الفصل الرابع قمنا بعرض مخطط عملي لاختيار خريطة مراقبة المتغيرات (الشكل ٤-٢٠) كما تم عرض مخطط مماثل في هذا الفصل يساعد في اختيار خريطة المراقبة للخواص المناسبة للعملية الإنتاجية أو الخدمية التي نقوم عليها (الشكل ٥-١٧)، ويمكن تجميع المخططين فنحصل على مخطط شامل يسمح باختيار أي نوع من خرائط المراقبة حسب طبيعة العملية التي نقوم على ضبطها ومراقبتها. الشكل (٥-٣١) يبين المخطط العملي الشامل المساعد القائمين على العمليات في اختيار خريطة المراقبة المناسبة.

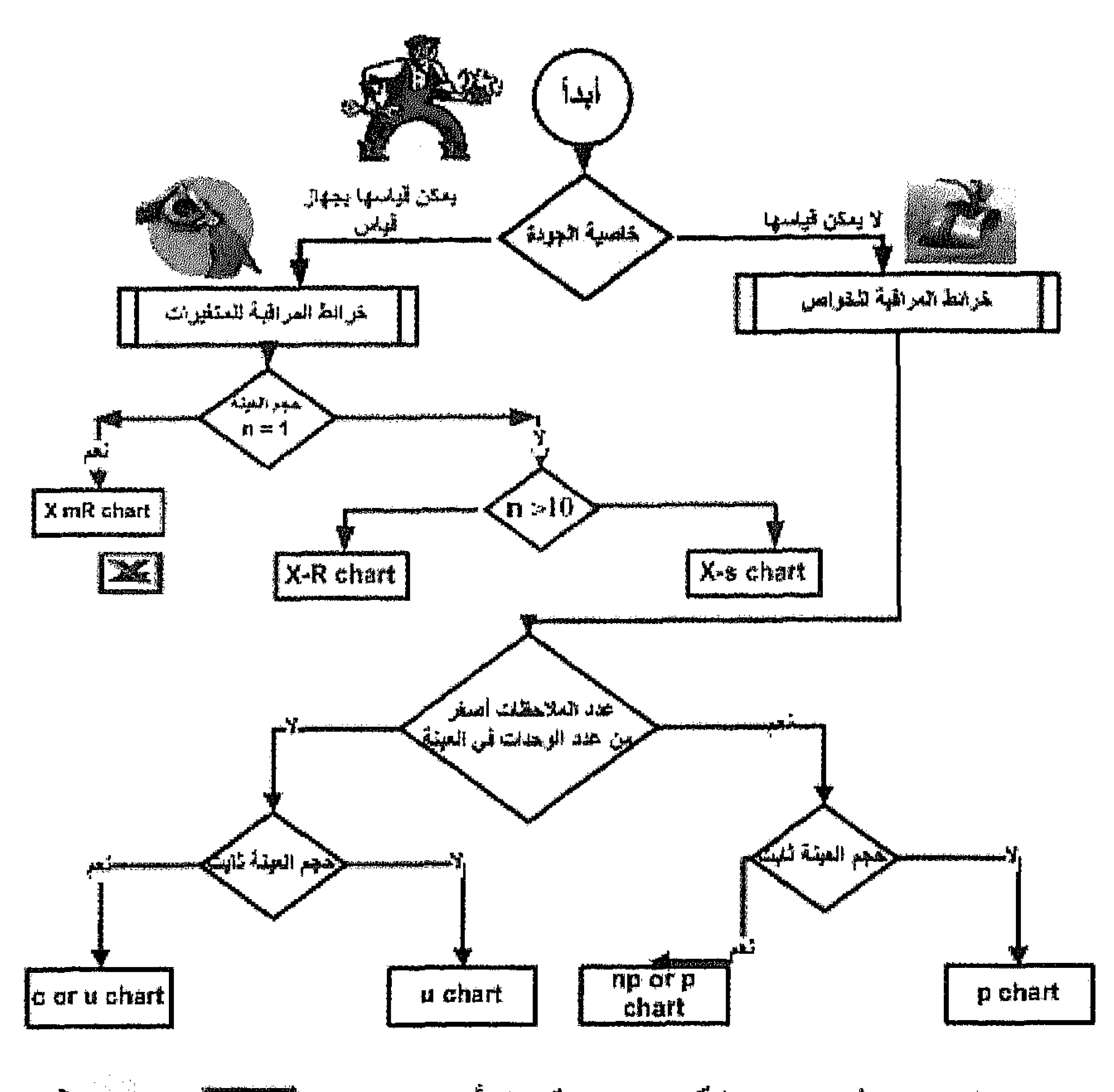
لتوضيح طريقة استعمال هذا المخطط في اختيار الخريطة المناسبة فسوف نقوم بالتطبيق على أحد الأمثلة التي تم التطرق إليها في هذا الفصل وليكن مثلا المثال المعروض في الفقرة (٣-٢-١) بحيث قمنا برصد عدد العيوب في خمس لفات ورق الجرائد وقد استعملنا في مراقبة هذه العملية خريطة المراقبة لعدد العيوب (c chart) والسؤال الذي نطرحه الآن هل هذا صحيح ؟ وهل هناك خريطة أخرى يمكن استعمالها في هذه الحالة؟

- من نقطة البداية على المخطط نسأل هل الخاصية المراد مراقبتها يمكن قياسها أم لا؟ وبما أننا نراقب عدد العيوب (لطخات صبغة أو ثقوب في الورق) فهذا

لا يمكن قياسه وإنما نقوم بعدها تعدادا وهي بالتالي من الخواص لذلك فسنستعمل خريطة من خرائط مراقبة الخواص.

- يوقفنا الآن تساؤل عن عدد الملاحظات، هل عدد الملاحظات أصغر من عدد الوحدات في العينة؟ من جدول البيانات (الجدول ٥-١) نلاحظ أن عدد العيوب (الملاحظات) أكبر من عدد الوحدات في العينة (هنا تساوي ١) ومنه يكون لدينا الاختيار بين خريطة عدد العيوب (c chart) وخريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart).
- و بما أن حجم العينة ثابتا فإنه بالإمكان استعمال أي الخريطتين السابقتين (c chart) أو (u chart) . نلاحظ أننا قمنا بحل المثال عن طريق خريطة عدد العيوب (c chart) وبالتالي فإن اختيارنا على هذه الخريطة كان موفقا.

وبإتباع نفس التحليل يمكن للقائمين على العمليات الإنتاجية أوالخدمية اختيار النوع المناسب من خرائط المراقبة حسب طبيعة وظروف العملية ومخرجاتها.



يفضل إستعمال برامج الميكروسفت إكسل أو المينيتاب

الشكل ٥-٣١ المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة المناسبة

الفصل السادس

تحليل مقدرة العمليات

١ مقدمة.

٢ مفاهيم أساسية عن مقدرة العمليات.

٣ الخطوات العملية لدراسة مقدرة العمليات.

٤ مؤشرات مقدرة العمليات.

٥ مثال عملي على تحليل مقدرة عملية خدمية.

٦ تحليل مقدرة عملية إنتاجية عن طريق خرائط المراقبة للمتغيرات باستخدام برنامج الميكروسفت إكسل.

٧ دراسة مقدرة عملية إنتاجية باستعمال طريقة المدرج التكراري وبرنامج المينيتاب.

٨ الطريقة الشاملة لتحليل مقدرة عملية خدمية بإستخدام برنامج المينيتاب.

٩ تحليل مقدرة العمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص وعن طريق برنامج المينيتاب.

١٠ خارطة الطريق لتطبيق تحليل مقدرة العمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية.

١ مقدمة

إن الرهان الحالي بالنسبة لقيادات القطاعات الصناعية والخدمية مرتبط ببقاء نشاط مؤسساتهم في محيط تنافسي حاد ويتطلب هذا تقديم المنتجات المصنعة أو الخدمات المقدمة للعميل بجودة عالية وبأقل التكاليف، ولا يمكن تحقيق ذلك إلا بالإستناد إلى طرق وأساليب ضبط الجودة الإحصائي (Statistical Quality Control) ومنهجيات التحسين المستمر للعمليات. أحد المحاور الرئيسية لضبط الجودة الإحصائي والذي يمثل الركيزة الأساسية للمراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control) يتمثل في دراسة وتحليل مقدرة العمليات (Process Capability Analysis) بحيث من خلال دراسة مقدرة العمليات يمكن معرفة واستقراء مدى قابلية العملية وقدرتها على تحقيق خواص الجودة ومواصفات التصميم في خصائص المنتج أو الخدمة. وبالتالي فبإمكان المدير القائم على العملية والمهندسين العاملين عليها تحديد أولويات التحسين الذي سيؤدي إلى تحقيق أعلى مستويات الجودة مما يساهم إيجابا في إرضاء المستهلكين وكسب ثقتهم. كما تسمح دراسة مقدرة العمليات بالتقليل من عمليات التفتيش على المنتجات المعيبة وهذا ما يساهم في تخفيض التكاليف بشكل ملحوظ.

تسمح دراسة مقدرة العمليات بالإجابة عن سؤال مهم وهو : هل العملية الإنتاجية أو الخدمية قادرة على إنتاج المنتج أو تقديم الخدمة للعميل بأقل نسبة من العيوب وحسب المواصفات التي تلبي رغبات العميل وتفي بمتطلباته؟ فحسب عالم الجودة فايغنبوم (Feigenbaum, 1991)، فإن "مقدرة العملية الإنتاجية الواقعة تحت المراقبة الإحصائية هي مقياس عن قابليتها على تحقيق خاصية الجودة ضمن المواصفات المحددة". من هذا التعريف يبدو واضحا أن مقدرة العملية هي مقياس لدقة العملية الإنتاجية المرتبطة بالأداء النوعي للنظام الإنتاجي أو الخدمي ككل بما فيه من

مكونات وعناصر على الإيفاء بمتطلبات التصميم وحدود المواصفات، وتتأثر مقدرة العمليات بمجموعة من العوامل والظروف كنا قد أشرنا إليها سابقا بـ (5M&E)، ومن أهمها:

- نوعية المواد الأولية والمدخلات المستخدمة في العملية،
- مهارة العمالة الفنية،
- ملائمة أساليب وطرق العمل،
- دقة الآلات والمعدات الإنتاجية،
- دقة عملية القياس ومهارة القائمين عليها.

ومن الواقع العملي تأكد أن أي تغير في أحد هذه المكونات يؤدي إلى إحداث تغيرات في خصائص المنتج. وهذه الأخيرة نشير إليها بمصطلح الاختلافات التصنيعية الموجودة في وحدات المنتج والتي يمكن قياسها عن طريق المعاملات الإحصائية مثل المدى R، القيمة المتوسطة μ والانحراف المعياري σ. من خلال دراسة مقدرة العملية الإنتاجية يمكن تحديد مقدرة العملية على تصنيع منتج حسب المواصفات المرغوب فيها من طرف العميل والمعرفة بحدود المواصفات (Specifications Limits : USL, LSL).

٢ مفاهيم أساسية عن مقدرة العمليات

٢-١ العلاقة بين التوزيع الطبيعي ومقدرة العمليات

لقد وضحنا في الفصل الثالث ما أثبتته الدراسات العملية أن معظم العمليات الإنتاجية والخدمية تتبع التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) كما هو موضح

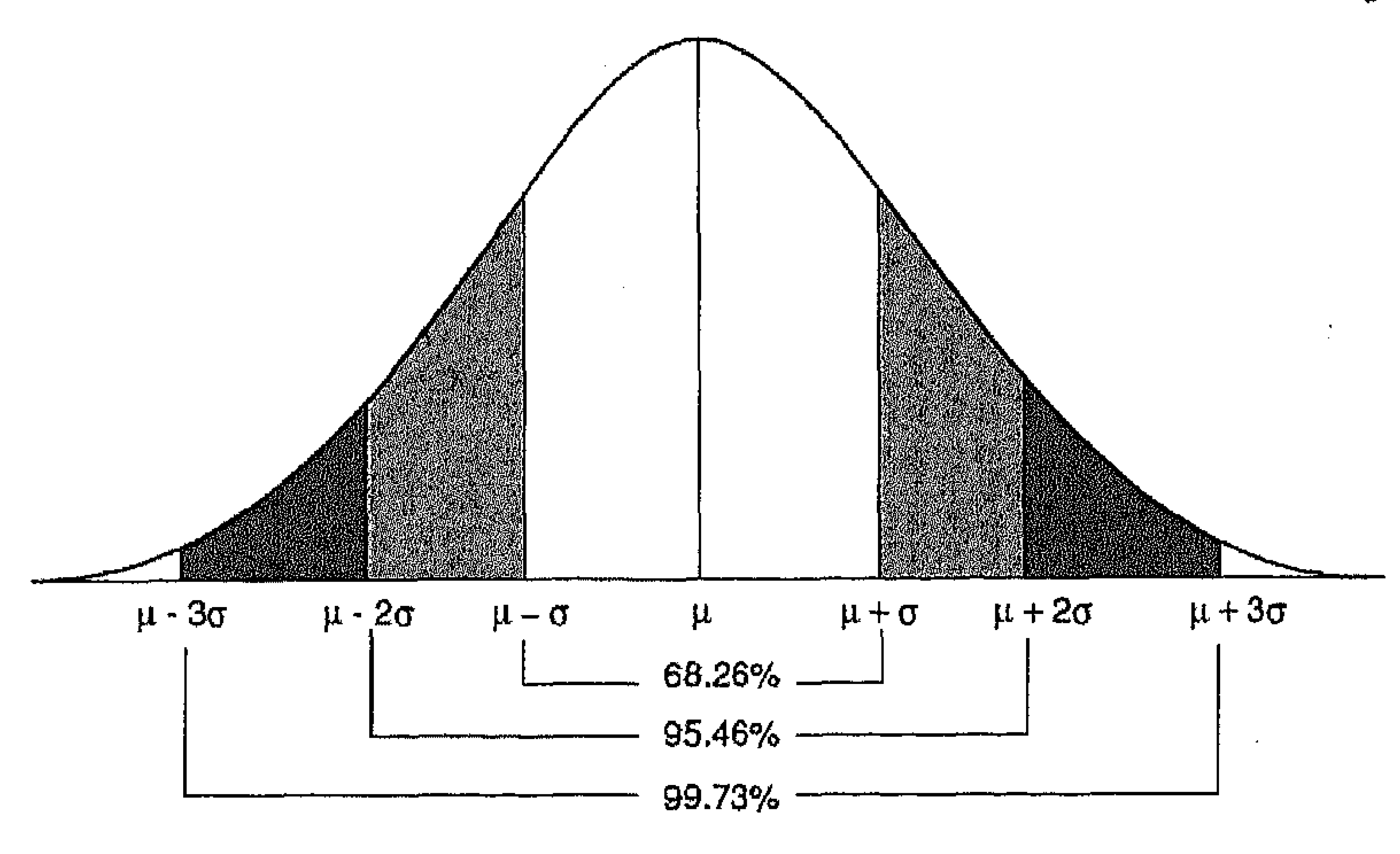
على الشكل (٦-١)، وبناء على ما مر معنا عن خصائص التوزيع الطبيعي فيمكن تحديد مقدرة العمليات على النحو التالي :

أ) ٦٨.٢٦ % من المنتج تكون داخل حدود $\mu \pm \sigma$ وتكون نسبة المعيب الخارجة عن هذه الحدود ٣١.٧٤ % أي ما يعادل ٣١٧٤٠٠ وحدة معيبة في المليون.

ب) ٩٥.٤٦ % من المنتج تكون في حدود $\mu \pm 2\sigma$ وتكون نسبة المعيب الخارجة عن هذه الحدود ٤.٥٤ % أي ما يعادل ٤٥٥٦٠ وحدة معيبة في المليون.

ج) ٩٩.٧٣ % من المنتج تكون في حدود $\mu \pm 3\sigma$ وتكون نسبة المعيب الخارجة عن هذه الحدود ٠.٢٧ % أي ما يعادل ٢٧٠٠ وحدة معيبة في المليون.

و تحدد مقدرة العملية بقيمة : 6σ ، أين تمثل (μ) متوسط العملية و(σ) انحرافها المعياري.

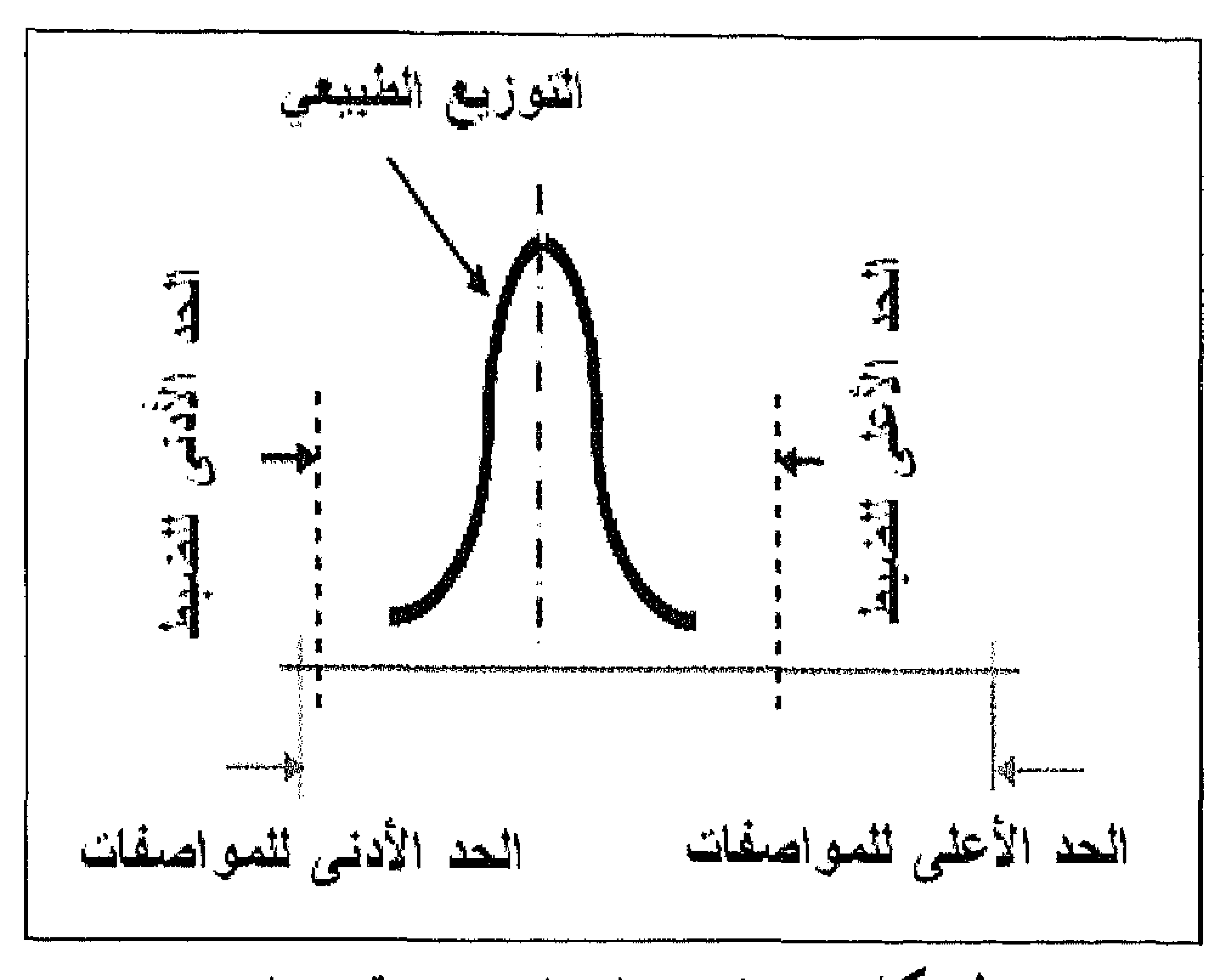


الشكل ٦-١ خصائص التوزيع الطبيعي

٢-٢ دراسة وتحليل مقدرة العمليات

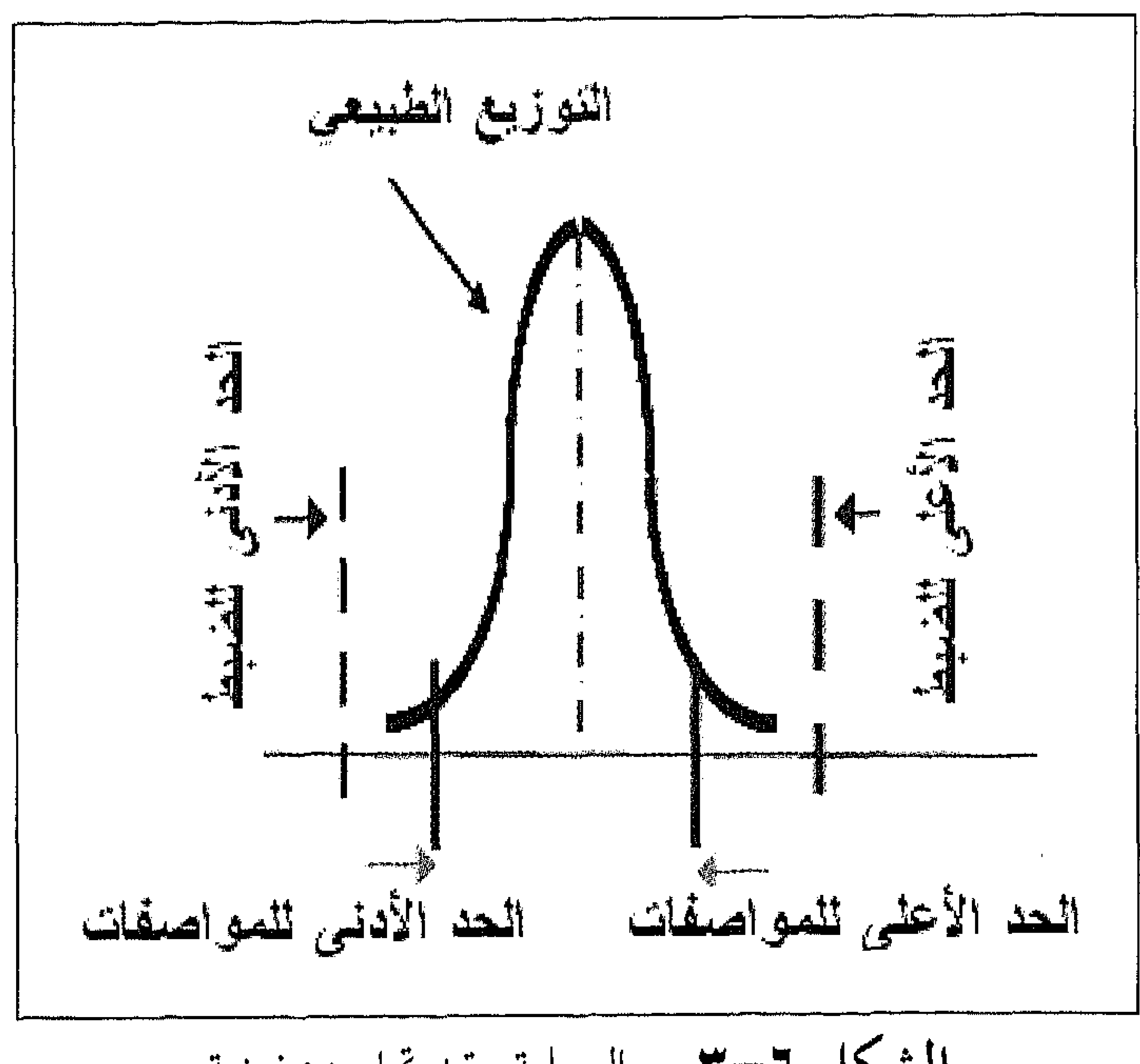
تتم دراسة مقدرة العملية الإنتاجية بتحديد وضع توزيعها التكراري بالنسبة لحدود الضبط (Control Limits) وحدود المواصفات (Specification Limits)

وتسمح هذه الدراسة بتحديد نسبة الإنتاج المعيب ومقدرة العملية على تحقيق مواصفات التصميم التصميم ومتطلبات العميل. يوضح الشكل (٦-٢) عملية تقع تحت المراقبة الإحصائية وذات مقدرة عالية على تحقيق المواصفات فيما يوضح الشكل (٦-٣) عملية منضبطة إحصائيا ولكن يوجد جزء من المنتج خارج حدود المواصفات وبالتالي فمقدرتها منخفضة.



الشكل ٦-٢ العملية مقدرتها عالية

يجب أن نلاحظ هنا عزيزي القارئ أنه لا يمكن دراسة مقدرة العملية إلا إذا كانت واقعة تحت الضبط الإحصائي (Process in statistical control). إضافة إلى هذا فإذا كانت العملية منضبطة إحصائيا أي أن جميع بيانات العملية في خرائط المراقبة تقع داخل حدود الضبط، فهذا لا يعني بالضرورة مقدرتها على تحقيق المواصفات، لذلك ومن أجل دراسة مقدرة العملية يتوجب علينا مقارنة التوزيع التكراري للعملية مع كل من حدود الضبط التي تقيس التغيرات الطبيعية في العملية مع حدود المواصفات التي تعبر عن صوت العميل ومتطلباته.

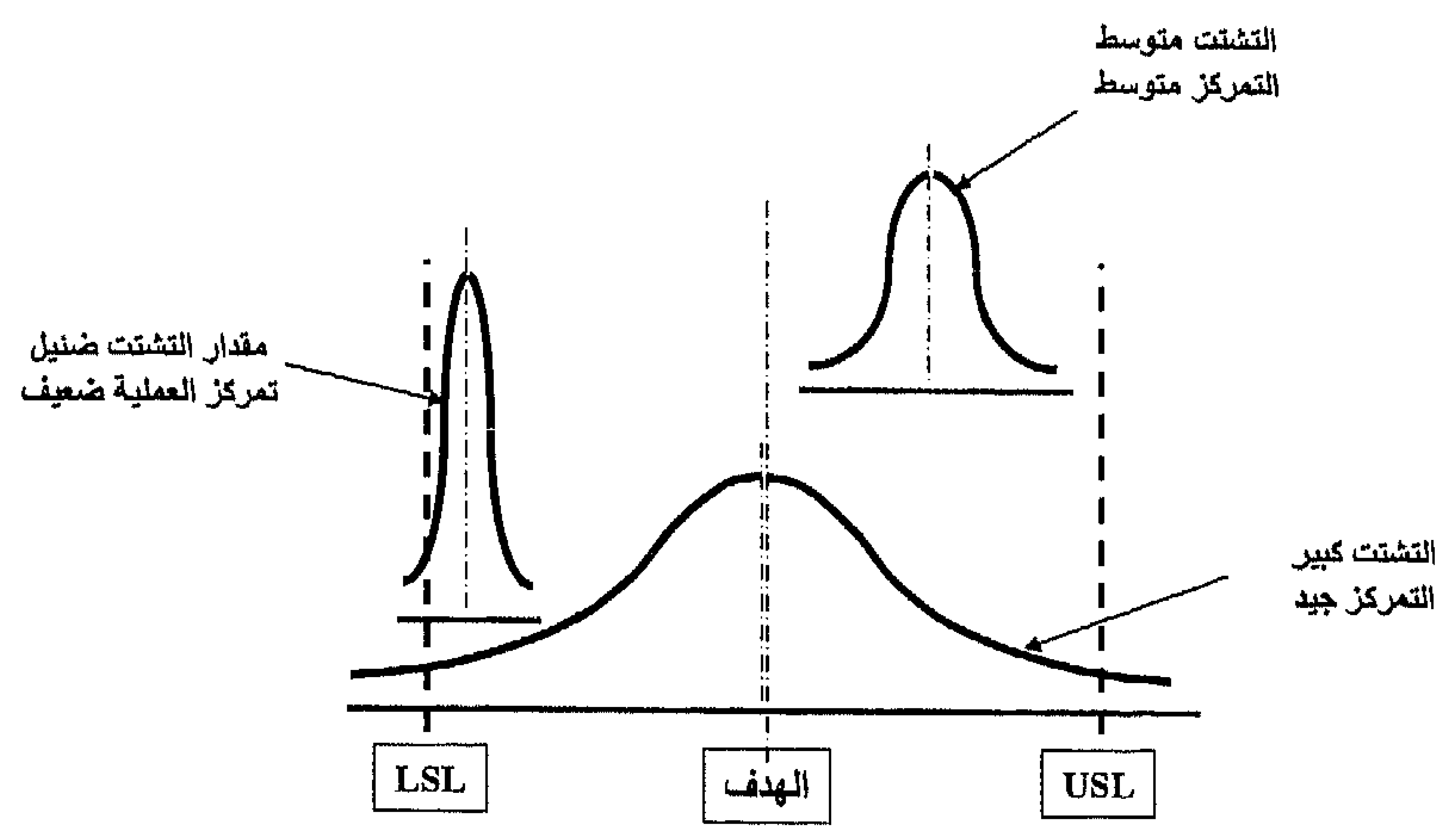


الشكل ٦-٣ العملية مقدرتها منخفضة

من خلال ما تقدم يمكن أن نستخلص أن دراسة مقدرة العمليات لا يمكن أن تتم بدون تحديد دقيق للعوامل التالية:

- **حدود مواصفات محددة** (Specifications Limits).
- **مقدار التشتت** في العملية (Process Standard Deviation).
- **متوسط العملية** (Process Mean).
- **الخاصية الاسمية للجودة** (Quality Characteristic Target)

يوضح الشكل (٦-٤) الحالات الواقعية التي قد تحصل في العمليات الإنتاجية أو الخدمية ويبين العلاقة بين موقع التوزيع التكراري للعملية وخصائصه المتمثلة في متوسط العملية ومقدار التشتت بها (الذي قد نعرفه من خلال المدى أو الانحراف المعياري) وحدود المواصفات التي نسعى من خلال الدراسة على تحقيقها.

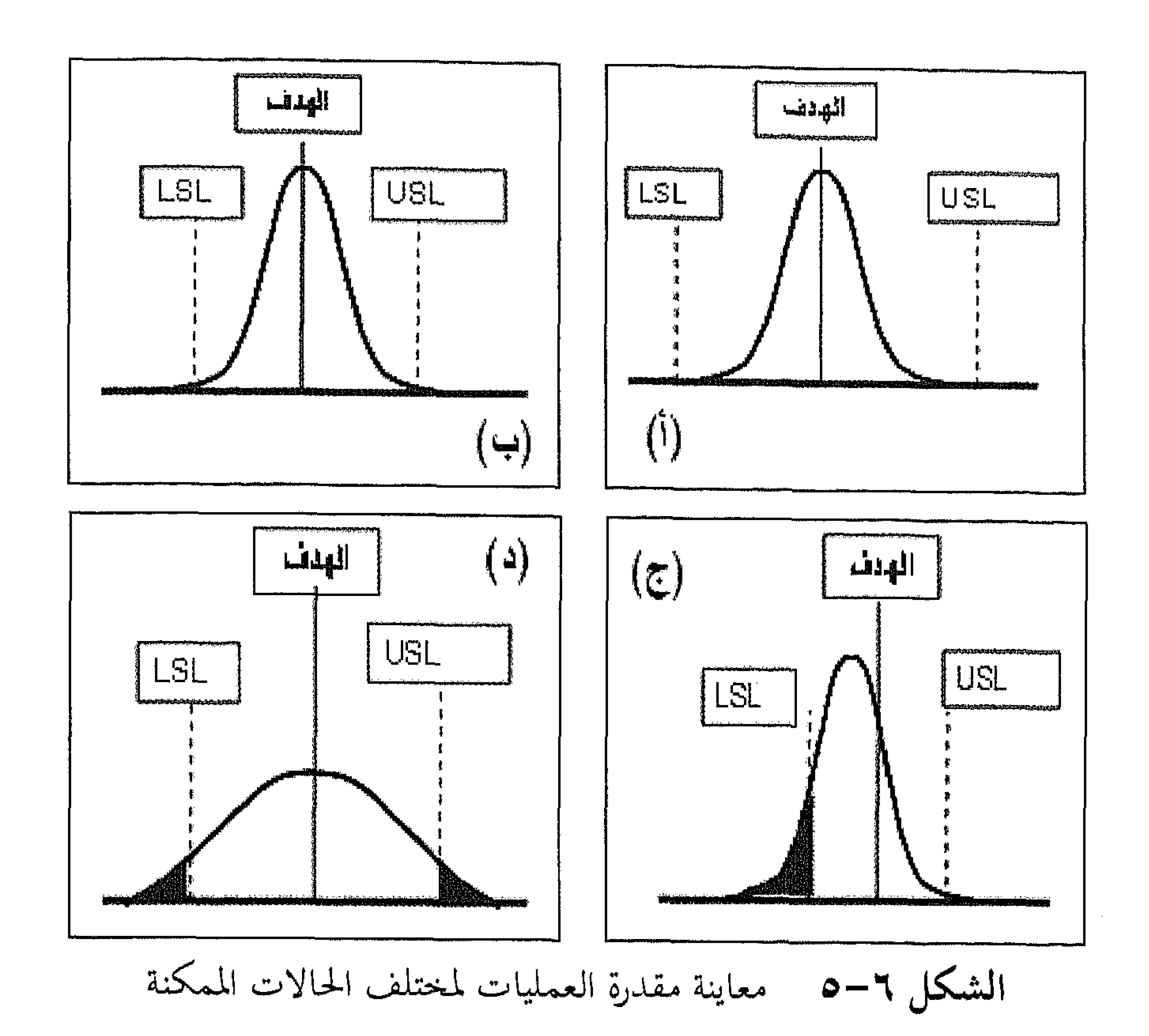


الشكل ٦–٤ العلاقة بين خصائص التوزيع الطبيعي للعملية وحدود المواصفات

بما أننا سلمنا بأن معظم العمليات الإنتاجية أو الخدمية لها توزيع طبيعي وعلما بأن مقدار التشتت في العملية يكون محدودا بين (3σ-) و(3σ+) أي أن مجال التشتت في العملية يكون مساويا لـ (6σ). لذلك فمن خلال مقارنة هذا المجال مع حدود المواصفات في العملية يمكن لنا الحصول على إحدى الحالات الموضحة على الشكل (٦–٥) وهي كما يلي:

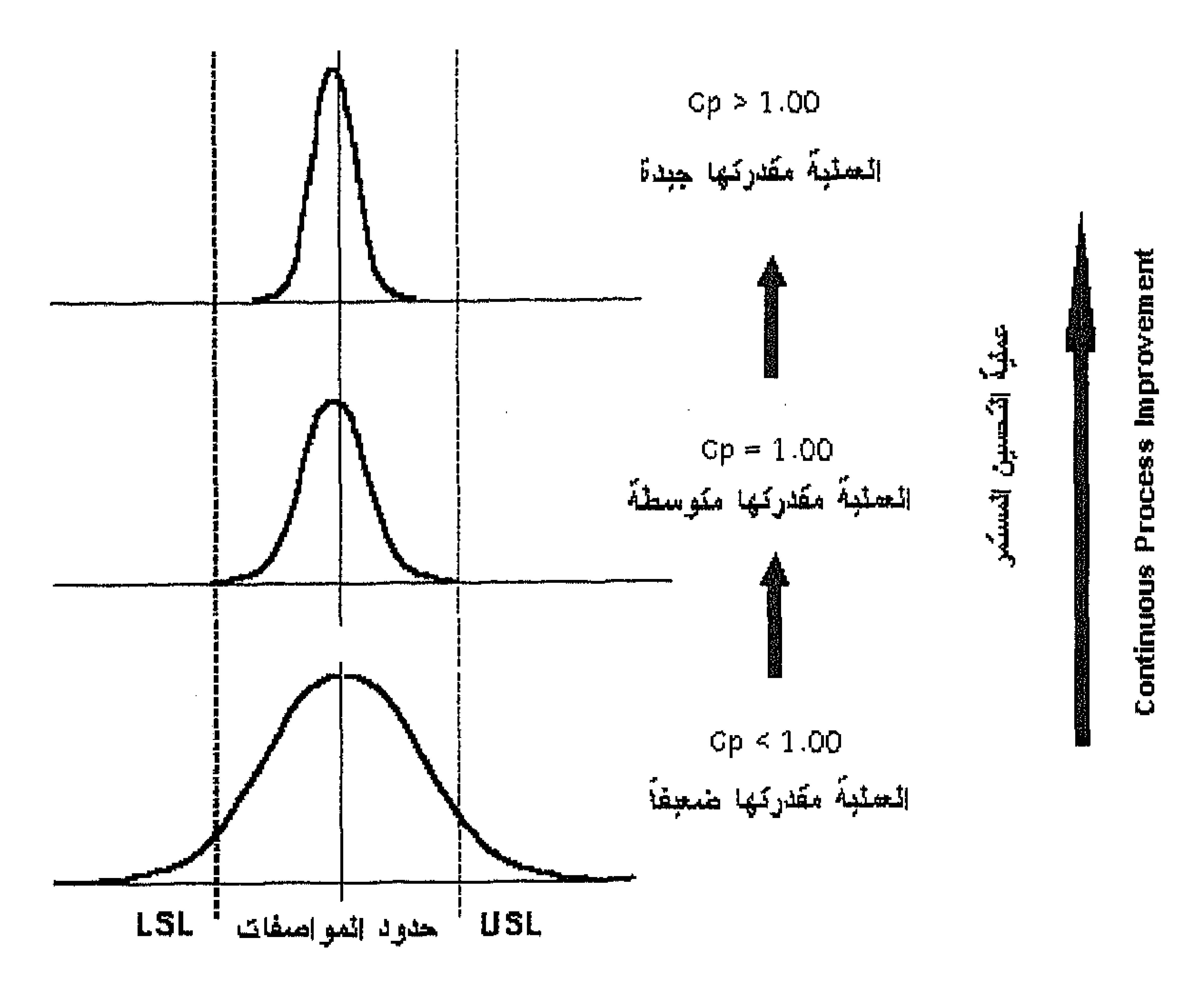
- **الحالة الأولى** : حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية (6σ) أي أن $6\sigma < (USL - LSL)$: في هذه الحالة، تكون العملية قادرة على تحقيق المواصفات. يمكن لنا تضييق مجال المواصفات حتى يصير المنتج (أو الخدمة) أكثر تماثلا وبذلك نحقق جودة عالية في المنتج بدون عمليات إعادة التشغيل أو إصلاح العيوب (الشكل (٦–٥–أ)).

- **الحالة الثانية** : حدود المواصفات مساوية لتشتت العملية (6σ) أي أن $6\sigma = (USL - LSL)$: في هذه الحالة، تكون العملية قادرة على تحقيق المواصفات ولكن بصعوبة إذ أنه بمجرد إزاحة المتوسط ولو بنسبة بسيطة فسينجم عن هذا خروج نسبة كبيرة من المنتج خارج حدود المواصفات (الشكل (٦-٥-ب)). في هذه الحالة يجب مراقبة العملية عن طريق خرائط المراقبة للمتغيرات.
- **الحالة الثالثة** : حدود المواصفات مساوية (أو أكبر) من تشتت العملية (6σ) أي أن $6\sigma \leq (USL - LSL)$ مع انحراف متوسط العملية عن الهدف: تكون العملية في هذه الحالة غير قادرة على تحقيق المواصفات كما هو موضح على الشكل (٦-٥-ج) إذ أن جزء كبيرا من المنتج يكون خارج حدود المواصفات وهو إنتاج معيب. لدينا ملاحظة هنا وتخص العمليات الإنتاجية حيث نلاحظ أنه إذا كان الانحراف خارج الحد الأعلى للمواصفة (USL) فيمكن إعادة تشغيل هذا المنتج (Rework) أما إذا كان خارج الحد الأدنى للمواصفة (LSL) فيعتبر هذا المنتج خردة (Scrap) ولا يمكن إعادة تشغيله.
- **الحالة الرابعة** : حدود المواصفات أصغر من تشتت العملية (6σ) أي أن $6\sigma > (USL - LSL)$: في هذه الحالة، تكون العملية غير قادرة مطلقا على تحقيق المواصفات بغض النظر على تمركزها من عدمه(الشكل ٦-٥-د). وتعتبر هذه الحالة أسوء حالة يمكن أن تصل إليها العملية وقد تقع في معظم الأحيان دون أن ينتبه إليها الفريق القائم على العملية ذاتها. ينصح في هذه الحالة مراجعة العملية مراجعة كلية وإجراء تعديلات جوهرية عليها إضافة إلى إجراء التفتيش الكلي عن مخرجات العملية.



الشكل ٦–٥ معاينة مقدرة العمليات لمختلف الحالات الممكنة

لقد أثبتت التجربة العملية لدى كبرى الشركات العالمية أنه إذا تم إخضاع العملية الإنتاجية أو الخدمية إلى سلسلة من عمليات التحسين المستمر فإن مقدرة العملية تتحسن بمستويات كبيرة جدا وتصبح العملية قادرة على تحقيق المواصفات وبذلك تتحسن جودة المنتجات والخدمات وينقص المعيب والتالف وهذا ما يتضح من خلال الشكل (٦–٦).



الشكل ٦-٦ تأثير عمليات التحسين المستمر على مقدرة العمليات

٣ الخطوات العملية لدراسة مقدرة العمليات

لقد تم تعريف مقدرة العمليات على أنها مقياس لقابلية العملية الإنتاجية الواقعة تحت الضبط الإحصائي على تحقيق خاصية الجودة ضمن المواصفات المحددة من قبل المستهلك والمدونة في تصميم المنتج. لذلك فلا يمكن إجراء دراسة وتحليل مقدرة العملية إلا إذا كانت هذه الأخيرة تقع تحت الضبط الإحصائي وكانت خصائص الجودة تتبع التوزيع الطبيعي. من أجل إجراء هذه الدراسة يمكن لنا إتباع الخطوات العملية التالية والتي تمثل كل خطوة منها أداة لدراسة مقدرة العملية:

أ) دراسة استقرار العملية ومقدرتها عن طريق رسم خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts).

ب) دراسة ما إذا كانت العملية تحقق المواصفات عن طريق رسم المدرج التكراري (Frequency Distributions or histograms).

ت) حساب مؤشرات المقدرة (Capability Indices).

٣-١ دراسة مقدرة العمليات باستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات

من خلال عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ($\overline{X} - R$) يمكن دراسة أثر التغيرات التي تحدث في العملية والتي تعود كما رأينا في الأبواب السابقة إلى أسباب عامة (Common Causes) وأسباب خاصة (Special causes) على مقدرة العملية في تحقيق المواصفات في المنتج أو الخدمة.

تتم هذه الدراسة حسب الخطوات العملية التالية:

الخطوة ١ : نقوم بسحب أربعين عينة أو أكثر من العملية بحيث تحتوي كل عينة على ٤ أو ٥ وحدات ونسجل بياناتها.

الخطوة ٢: نحسب مدى كل عينة (Ri) ثم القيمة المتوسطة لمدى العينات ($\overline{R}$) وكذلك حدود الضبط لخريطة المدى (UCL_R, LCL_R) ونقوم برسم خريطة المراقبة للمدى.

الخطوة ٣: نحذف كل قيمة للمدى التي تقع أعلى من الحد الأعلى للضبط ونحاول تحديد الأسباب المؤدية إلى ذلك وإزالتها من العملية.

الخطوة ٤: نعيد حساب متوسط مدى العينات ($\overline{R}$) وكذلك حدود الضبط (UCL_R, LCL_R).

الخطوة ٥: نكرر الخطوات السابقة إلى أن تصبح كل قيم المدى تحت الضبط الإحصائي.

الخطوة ٦: نحسب قيمة تقديرية للانحراف المعياري للعملية حسب المعادلة: $\sigma = \bar{R}/d_2$ ، نذكر هنا أن (d_2) معامل ثابت نحصل علية من الجدول (A-2) في الملحق A.

الخطوة ٧: بفرض أن النقطة الوسط بين حدود المواصفات تمثل متوسط العملية وأن العملية لها توزيعا طبيعيا بمتوسط (μ) وانحراف معياري (σ)، نقوم برسم هذا التوزيع ونسقط عليه حدود المواصفات (USL, LSL) . نقوم بعد ذلك بتحديد نسبة المنتج الواقع داخل حدود المواصفات.

الخطوة ٨: إذا تبين من التوزيع الطبيعي أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات، نقوم بعمل خريطة المراقبة للمتوسط التي تساعدنا في البحث عن الأسباب الخاصة التي أدت إلى ذلك، وهذا بالعمل على إزالة الأسباب الخاصة بهدف تعديل العملية حتى تصبح أكثر تمركزا.

الخطوة ٩: إذا تبين مما سبق أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات، فهنا يجب إجراء تحسينات جوهرية عليها ومراقبتها لفترة كافية عن طريق خرائط المراقبة للمتوسط والمدى.

ملاحظة هامة : كما تمت الإشارة إليه في الفصل الرابع (الشكل ٤-٢٠)، فإن خرائط المراقبة للمتوسط والمدى تستعمل عادة إذا كان حجم العينة أقل من ١٠ وحدات، وفي حالة كان حجم العينة أكبر من ١٠ ، فتستعمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ($\bar{X} - s$) لمراقبة العملية ودراسة مقدرتها. في هذه الحالة يحسب الانحراف المعياري للعملية من المعادلة:

$$\sigma = \bar{s}/c_4$$

أين تمثل ($\bar{s}$) القيمة المتوسطة للانحرافات المعيارية لكل العينات المستعملة في رسم الخرائط :

$$\overline{s} = \frac{\sum_{i=1}^{g} s_i}{g} = \frac{s_1 + ... + s_g}{g}$$

و c_4 : معامل ثابت يمكن تحديد قيمته من الجدول (A-2) في الملحق (A).

٣-٢ دراسة مقدرة العمليات باستخدام طريقة المدرج التكراري

عن طريق رسم المدرج التكراري لمجموعة بيانات مجمعة من العملية الإنتاجية أو الخدمية ومقارنته مع حدود المواصفات، يمكن لنا دراسة مقدرة العملية على تحقيق هذه المواصفات. ويتم ذلك بإتباع الخطوات العملية التالية:

الخطوة ١ : نقوم بتجميع عينة عشوائية من العملية تحتوي على ١٠٠ وحدة أو أكثر ونسجل بياناتها (Xi) .

الخطوة ٢ : نحسب القيمة المتوسطة ($\overline{X}$) والانحراف المعياري (σ) لهذه العينة.

الخطوة ٣ : نقوم بعمل التوزيع التكراري للبيانات المجمعة (Xi) ونرسم مدرجها التكراري ونحدد فيما إذا كان التوزيع طبيعيا أم لا.

الخطوة ٤: إذا حصلنا على توزيع طبيعي فنواصل مع بقية الخطوات، أما إذا كان التوزيع غير طبيعي فيجب البحث عن الأسباب التي أدت إلى ذلك والعودة إلى الخطوة الأولى.

الخطوة ٥ : نرسم حدود المواصفات (USL, LSL) على المدرج التكراري.

الخطوة ٦ : إذا حصل حدوث جزء من المدرج التكراري خارج حدود المواصفات (الشكل ٦-٥-ج)، يجب العمل على تعديل متوسط العملية ليصير أقرب إلى المركز (Center the process) .

الخطوة ٧ : إذا لاحظنا أن مقدار التشتت في العملية يتعدى حدود المواصفات (الشكل ٦-٥-د) تعتبر العملية مقدرتها سيئة وهذا يتطلب منا إجراء تعديلات هامة على العملية أو تغيير المواصفات.

٤ مؤشرات مقدرة العمليات (Process Capability Indices)

مؤشرات مقدرة العمليات هي مقاييس أو معاملات بسيطة تستعمل في تحديد العلاقة بين تشتت العملية وحدود المواصفات وبالتالي يمكن من خلالها معرفة مدى مقدرة العملية على تحقيق المواصفات من عدمه وهذا دون اللجوء إلى رسم المدرج التكراري أو خرائط المراقبة للعملية. ونظرا لفعالية هذه الطريقة في تحديد مقدرة العمليات فقد تم تبني هذه الطريقة من طرف كبرى الشركات اليابانية والأمريكية مثل تيوتا (Toyota) وجنرال موتورز (GM) أين تم تطبيقها بفاعلية في تحسين العمليات. أود في هذا المقام أن أنبه عزيزي الدارس أن هذه المؤشرات تعتبر إحدى تقنيات المراقبة الإحصائية للعمليات أين لا يزال البحث قائما فيها إلى ساعة كتابة هذا المقطع من الكتاب.

يوجد عدة أنواع من مؤشرات المقدرة، تحسب من خلال مقارنة التشتت في العملية المعرف بـ (6σ) وحدود المواصفات بالنسبة للعمليات المنضبطة إحصائيا فقط والتي لها توزيعا طبيعيا. أهم هذه المؤشرات وأكثرها استعمالا ما يلي :

أ) مؤشر المقدرة البسيط C_p

ب) مؤشر المقدرة القائم على الحد الأعلى للمواصفات C_{pu}

ت) مؤشر المقدرة القائم على الحد الأدنى للمواصفات C_{pl}

ث) مؤشر المقدرة القائم على حدي المواصفات C_{pk}

٤–١ مؤشر المقدرة (C_p)

يعتبر (C_p) أبسط مؤشر للمقدرة وهو حاصل الكسر بين حدود المواصفات (USL-LSL) وتشتت العملية (6s) :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

نلاحظ من المعادلة أن مؤشر المقدرة (C_p) لا يأخذ بعين الاعتبار تمركز العملية وموقع متوسطها لذلك فقد يؤدي إلى أخطاء في حالة انحراف التوزيع عن التوزيع الطبيعي. من خلال خصائص التوزيع الطبيعي المبين على الشكل (٦-١) ومعادلة (C_p) يمكن أن نستنتج أن هناك علاقة بين مؤشر المقدرة ونسبة المنتج المعيب التي تقع خارج حدود المواصفات، (بفرض أن العملية متمركزة في نقطة الوسط بين حدي المواصفات) حيث أنه:

- إذا كان (C_p=1.00) فهذا يعني أن $6\sigma = (USL - LSL)$ وكما مر علينا فإن ٠.٢٧% من المنتج تكون خارج حدود المواصفات أي أن العملية قد تنتج ٢.٧٠٠ قطعة معيبة في المليون (2700 ppm).
- بعض الشركات العالمية تبنت قيمة (C_p=1.33) كهدف أدنى في عملياتها الإنتاجية وهذا بتحديد حدود المواصفات على ($\pm 4\sigma$) من المركز مما يؤدي إلى حدوث نسبة من المنتج المعيب بـ ٠.٠٠٦٣% أي ما يعادل ٦٣ قطعة معيبة في المليون.

وكقاعدة عامة يتم الحكم على مقدرة العملية بناء على هذا المؤشر كما يلي :

- إذا كان $Cp<1$ تعتبر العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات ويجب مراجعتها.
- إذا كان $1<Cp<1.6$ العملية الإنتاجية مقدرتها متوسطة ويستحسن إجراء تحسينات عليها.
- إذا كان $Cp>1.6$ العملية الإنتاجية مقدرتها جيدة.

بناء على الملاحظة السابقة بأن مؤشر المقدرة (Cp) لا يأخذ بعين الاعتبار متوسط العملية أو هدفها، فإنه يمكن أن نلاحظ بسهولة أن إزاحة متوسط العملية وتساويه مثلا مع أحد حدود المواصفات فهذا يعني أن ٥٠% من المنتج يكون خارج حدود المواصفات بغض النظر عن قيمة المؤشر (Cp) وبذلك قد نقع في أخطاء لا تحمد عقباها إذا لم ننتبه لذلك.

٤-٢ مؤشرات المقدرة القائمة على حدود المواصفات

أحد أهم عيوب مؤشر المقدر (C_p) هو عدم ارتباطه بمتوسط العملية (m) وهدفها وقد يؤدي هذا إلى أخطاء جسيمة. وحتى نتفادى ذلك نستعمل المؤشرات التي تأخذ بعين الاعتبار كلا من حدي المواصفات (أو أحدهما)، تشتت العملية ومتوسطها. يوجد لدينا مؤشر مقدرة قائم على الحد الأعلى للمواصفات (C_{pu}) ومؤشر مقدرة قائم على الحد الأدنى للمواصفات (C_{pl}) ومؤشر مقدرة قائم على حدي المواصفات (C_{pk}) وهي معرفة حسب المعادلات التالية:

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = Min(C_{pu}, C_{pl})$$

$$C_{pk} = \frac{Min\{(USL - \mu), (\mu - LSL)\}}{3\sigma}$$

كما اقترح العالم الياباني تاجوشي (Taguchi, 2005) مؤشرا للمقدرة يربط بين حدود المواصفات (USL, LSL)، وتشتت العملية (6σ)، ومتوسط العملية (μ) وهدف العملية (T) (أو الخاصية الاسمية للمواصفة) وهو معرف حسب العلاقة التالية:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

باستعمال هذه المؤشرات يمكن الحكم على مقدرة العملية حسب قيمة المؤشر التي نقوم بحسابها من معطيات العملية وحدود المواصفات. فبصفة عامة إذا كان مؤشر $C_{pk}<1$ تعتبر العملية الإنتاجية غير قادرة أما إذا كان المؤشر $C_{pk} \geq 1$ تعتبر العملية مقدرتها جيدة. وقد تبنت معظم الشركات العالمية أدنى قيمة للمؤشر $C_{pk}=1.33$ وهذا بناءا على حدود مواصفات محددة بـ ($\pm 4\sigma$) وبقبول نسبة منتج معيب تساوي ٦٣ قطعة معيبة في المليون. في إطار فلسفة لتحسين الجودة المستمر تبنت الشركات الرائدة في المجال الصناعي مثل (Motorola) قيمة ($C_{pk}=2$) بناء على حدود المواصفات ($\pm 6\sigma$) وبالسماح للتغيرات في مجال ($\pm 4\sigma$) هذا ما يؤدي إلى نسبة معيب مثالية تساوي ٢ وحدة معيبة في البليون (2ppb) وتعرف هذه الفلسفة بالستة سيجما (Six Sigma) التي تم التطرق إليها في الفصل الأول الخاص بالمفاهيم العامة.

يعرض الجدول (٦-١) العلاقة بين معامل المقدرة C_{pk} ومجال حدود المواصفات (USL, LSL) ونسبة الإنتاج المعيب. نلاحظ من الجدول أنه كلما زادت قيمة معامل المقدرة كلما قلت أعداد القطع المعيبة في العملية الإنتاجية. من خلال هذا الجدول يمكن لنا تحديد مستوى التحسينات التي يجب أن تجرى على العملية للرفع من مقدرتها على تحقيق المواصفات في المنتج.

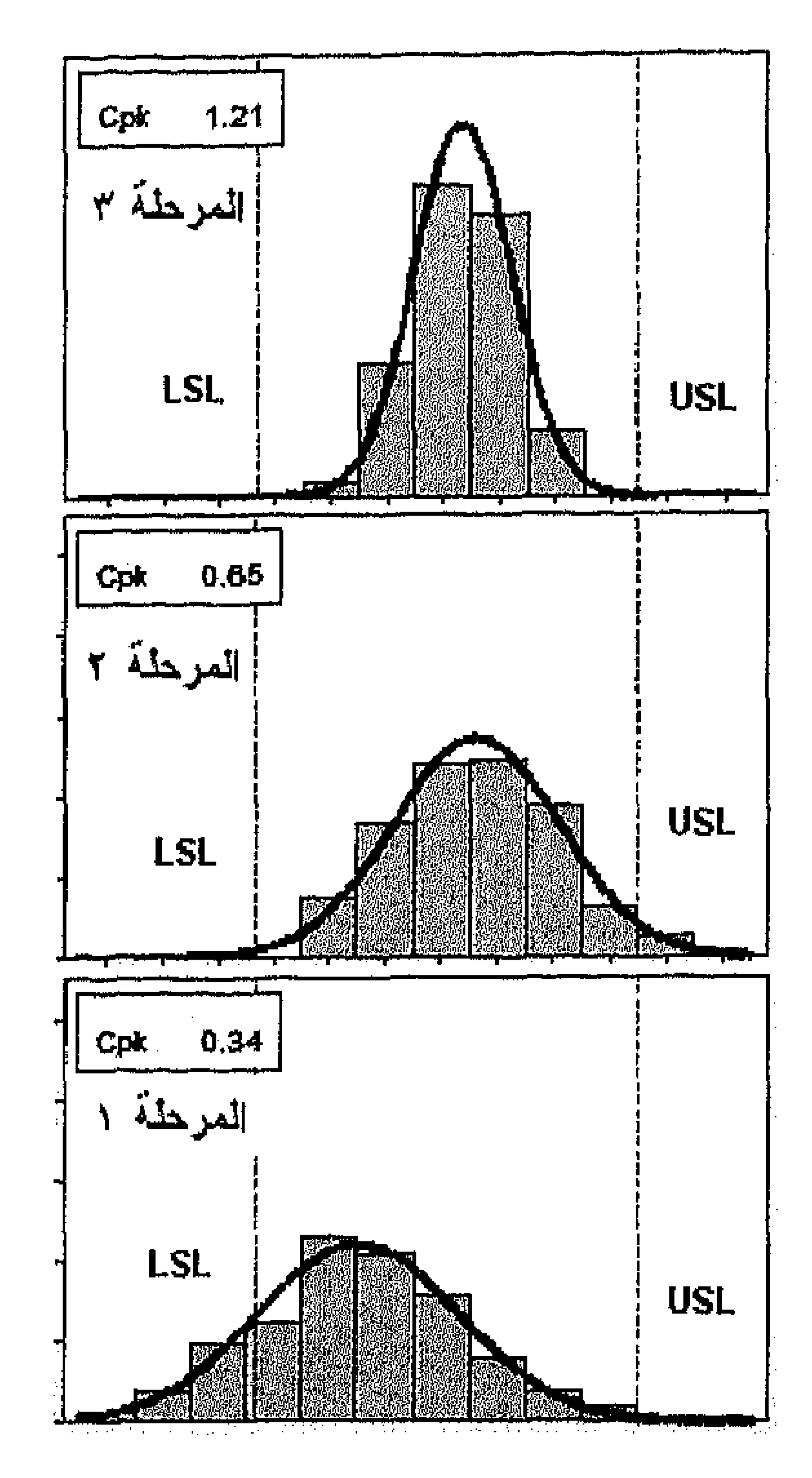
حدود المواصفات USL-LSL	معامل المقدرة C_{pk}	عدد الوحدات المعيبة في المليون (ppm)
	0.25	453255
	0.50	133614
	0.70	35729
$\pm 3\sigma = 6\sigma$	1.00	2700
	1.10	967
	1.20	318
	1.30	96
$\pm 4\sigma = 8\sigma$	1.33	63
	1.40	27
	1.50	7
$\pm 5\sigma = 10\sigma$	1.66	0.6
$\pm 6\sigma = 12\sigma$	2.00	0.002 ppm =2ppb

الجدول ٦- ١ العلاقة بين قيمة مؤشر المقدرة (C_{pk}) وعدد الوحدات المعيبة

من أجمل ما قرأت في المراجع العلمية عن وصف مقدرة العمليات الإنتاجية مثالا من واقع حياتنا اليومية وهو عملية إدخال السيارة إلى المرآب المنزلي بعد العودة من العمل في المساء. لاحظ معي عزيزي الدارس، أن المرآب بأبعاده يمثل حدود المواصفات والسيارة بأبعادها تمثل التغيرات الطبيعية في العملية. إذا كان عرض السيارة قريبا من عرض المرآب، فيجب أخذ الحذر إذا أردنا أن ندخل السيارة بدون أن نحك أحد جانبيها على الجدار كما يجب أن ندخلها في وسط المرآب (متوسط -+ العملية = متوسط حدود المواصفات). أما إذا كان عرض السيارة أكبر من عرض المرآب فلا حيلة لنا لإدخال السيارة داخل المرآب (التشتت في العملية أكبر من حدود المواصفات $(6\sigma > (USL - LSL))$ وفي هذه الحالة فإن السيارة غير قادرة على الدخول بمعنى أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات. وإذا كانت السيارة صغيرة بالنسبة لعرض المرآب (أي أن تشتت العملية قليل مقارنة مع حدود المواصفات)، فلا

يوجد أي إشكال في إدخال السيارة ولا يتوجب علينا إدخالها في وسط المرآب، حيث أنه يمكن وبسهولة إدخال السيارة ويبقى دائما معنا مجال على الجانبين وتمثل هذه الحالة المقدرة الجيدة للعملية ($6\sigma < (USL - LSL)$). من هذا المثال البسيط يمكن أن نستنتج أنه إذا كانت العملية تحت المراقبة الإحصائية (Process in Control) ومقدار تشتتها ضئيل، فيمكن لها تحقيق مواصفات العميل بسهولة ويسر. ومن خلال حساب مؤشرات المقدرة وخاصة المؤشر (C_{pk}) يتبين لنا العلاقة بين عرض السيارة (تشتت العملية) وعرض المرآب (حدود المواصفات) وأين ركنا السيارة بالنسبة لوسط المرآب (تمركز العملية) والمجال المتبقي على الجانبين.

من الشكل (٦-٧) يمكن لنا أن نلاحظ أن التحسينات التي تجرى على العملية بقصد التقليل من مستوى التشتت فيها وتغيير موقع متوسطها يكون لها أثر جيد على تحسين مقدرتها في تحقيق المواصفات في خصائص جودة المنتج. هذا ما نلمسه في الرفع من قيمة مؤشر المقدرة (C_{pk}) كما هو موضح على الشكل الذي تم انتقاؤه من دراسة مقدرة عملية تصنيعية لقطع ميكانيكية دقيقة تستعمل في صناعة التوربينات (Turbines) لإحدى الشركات الرائدة.



الشكل ٦-٧ أثر التحسين المستمر على مقدرة العمليات وقيمة مؤشر (C_{pk})

٥ مثال عملي على تحليل مقدرة عملية خدمية

في إطار برنامج التحسين المستمر للعمليات الخدمية في أحد البنوك، قام فريق الجودة بدراسة العملية وتم تحديد عملية الإيداع والسحب لها أهمية بالغة في تحديد جودة الخدمات المقدمة للعملاء. لهذا تم الاتفاق على مراقبة مدة العمليات المصرفية (Cashier transactions) ورصد المدة الزمنية لـ (٧) عمليات كل ساعة من الساعات الثمانية من الدوام خلال ثلاثة أيام متتالية. بهذا الشكل تم تسجيل المدة الزمنية بالثانية لـ ٢٤ عينة بحيث أن كل عينة تحتوي على ٧ عمليات. عن طريق عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ($\overline{X}-R$ charts) اتضح أن العملية مستقرة وهي واقعة تحت المراقبة الإحصائية، كما تم حساب مجموع المتوسطات ($\sum \overline{X} = 5640$) ومجموع المدى لجميع العينات ($\sum R = 1900$). حدد فريق الجودة المعيار المستهدف

أو المواصفة لمدة العملية البنكية وهي ثلاثة دقائق (T=180s) والحد الأعلى للمواصفة هو خمسة دقائق (USL=300s).

من خلال هذه المعلومات، ولتحديد فيما إذا كانت العملية الخدمية لدى البنك قادرة على تحقيق هذه المواصفات، تم حساب معامل المقدرة (C_{pk}) على النحو التالي:

$$C_{pk} = C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

أين تمثل كل من (μ) متوسط العملية ويمكن حسابها من متوسط متوسطات العينات:

$$\mu = \overline{\overline{X}} = \frac{\sum \overline{X}}{k} = \frac{5640}{24} = 235s$$

تمثل (σ)الانحراف المعياري للعملية والتي تحسب كما يلي: $\sigma = \overline{R}/d_2$

أين ($\overline{R}$) هي متوسط قيم المدى لجميع العينات :

$$\overline{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{1900}{24} = 79.2s$$

وبما أن حجم العينات المسحوبة في العملية (n=7) ومن الجدول (A-2) في الملحق ١، نحدد قيمة (d_2=2.704) ونحسب قيمة الانحراف المعياري للعملية:

$$\sigma = \frac{\overline{R}}{d_2} = \frac{79.2}{2.704} = 29.3s$$

بالتالي يكون معامل المقدرة (C_{pk}) :

$$C_{pk} = C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \frac{300 - 235}{3 \times 29.3} = 0.74$$

من خلال هذا التحليل يتضح أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات إضافة إلى كونها غير متمركزة بالنسبة للمواصفة الهدف، لهذا يتطلب على فريق الجودة

لدى البنك الوقوف على العملية وبحث سبل تقليل التشتت فيها وجعلها أكثر تمركزا بالنسبة للهدف. عن طريق استعمال التقنيات السبع الأساسية للجودة، تم تحليل العملية الخدمية والحصول على إجراءات تحسينية مهمة مما سمح بتقليل مستوى التشتت حيث أصبح الانحراف المعياري للعملية (σ=15s) كما تحسن متوسط العملية إلى قيمة (μ=190s) وبالتالي أصبح معامل المقدرة:

$$C_{pk} = C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{300 - 190}{3 \times 15} = 2.44$$

مما يشير وبقوة أن التحسينات التي أجريت على العملية أدت إلى تحسين مقدرتها على تحقيق المواصفات مما يضمن جودة الخدمة لدى البنك ويزيد في مستوى رضا العملاء لديها.

٦ تحليل مقدرة عملية إنتاجية عن طريق خرائط المراقبة للمتغيرات باستخدام برنامج الميكروسفت إكسل

يعتبر تثبيت براغ الربط من العمليات المهمة والمؤثرة على حسن أداء السيارة. فعلى سبيل المثال، إن مقدار تثبيت براغي الضوء الخلفي للسيارة مهم بحيث أنه إذا لم يثبت جيدا فسيفتح ويسقط الضوء وينكسر في حين إذا كان التثبيت قويا فيمكن أن يؤدي ذلك إلى إتلاف الضوء عند التثبيت. لذلك فقد تم تحديد مقدار التثبيت بقوة تساوي ($8 \pm 1 kgf / cm$). بقصد مراقبة العملية قام مفتش الجودة بفحص أربعة براغ في كل ٢٠٠ برغي مثبت وسجل البيانات على الجدول (٦-٢). ومن خلال هذه البيانات المجمعة عن العملية سنقوم بدراسة مقدرة العملية التصنيعية على تحقيق المواصفات.

نقوم بإجراء الدراسة حسب الخطوات التي تمت مناقشتها سابقا نشرع في عمل خريطة المراقبة للمدى والمتوسط ($\overline{X} - R - charts$) وهذا بحساب كل من المدى والقيمة المتوسطة لكل عينة ونحصل على النتائج المدونة على الجدول (٦-٣). نلاحظ

هنا فائدة استعمال برنامج الميكروسفت إكسل في إجراء هذه الحسابات وعمل الخرائط كما تم توضيحه في الفصول السابقة.

العينة	قياس قوة التثبيت (kgf/cm) على الوحدة			
	X_1	X_2	X_3	X_4
1	6.2	6.7	7.1	7.9
2	7.5	4.9	7.5	10.2
3	6.9	7.7	7.8	9.5
4	11.5	4.7	10.0	10.9
5	7.4	7.4	9.2	11.0
6	10.1	7.2	11.6	8.0
7	9.3	10.0	10.2	14
8	4.6	6.4	10.0	1.9
9	8.2	3.8	8.6	7.3
10	4.4	6.6	10.5	8.0
11	6.0	9.0	13.0	9.6
12	12.9	6.6	8.3	12.8
13	10.0	5.9	7.3	9.9
14	6.0	7.5	9.4	12.3
15	9.9	8.2	7.8	7.5
16	5.9	5.5	4.9	3.7
17	5.9	8.2	8.7	6.8
18	12.6	6.7	9.6	10.6
19	11.2	8.2	8.7	11.9
20	10.7	9.2	9.7	8.9
21	9.4	10	6.1	10.3
22	9.2	7.7	7.1	8.3
23	8.7	8.3	10	5.1
24	7.5	8.7	8.0	7.8
25	8.0	7.6	7.7	10.9

الجدول ٦–٢ بيانات العملية الانتاجية

العينة	X_1	X_2	X_3	X_4	المدى R	المتوسط $\bar{X}$
1	6.2	6.7	7.1	7.9	**1.70**	**6.98**
2	7.5	4.9	7.5	10.2	**5.30**	**7.53**

3	6.9	7.7	7.8	9.5	**2.60**	**7.98**
4	11.5	4.7	10.0	10.9	**6.80**	**9.28**
5	7.4	7.4	9.2	11.0	**3.60**	**8.75**
6	10.1	7.2	11.6	8.0	**4.40**	**9.23**
7	9.3	10.0	10.2	14	**4.70**	**10.88**
8	4.6	6.4	10.0	1.9	**8.10**	**5.73**
9	8.2	3.8	8.6	7.3	**4.80**	**6.98**
10	4.4	6.6	10.5	8.0	**6.10**	**7.38**
11	6.0	9.0	13.0	9.6	**7.00**	**9.40**
12	12.9	6.6	8.3	12.8	**6.30**	**10.15**
13	10.0	5.9	7.3	9.9	**4.10**	**8.28**
14	6.0	7.5	9.4	12.3	**6.30**	**8.80**
15	9.9	8.2	7.8	7.5	**2.40**	**8.35**
16	5.9	5.5	4.9	3.7	**2.20**	**5.00**
17	5.9	8.2	8.7	6.8	**2.80**	**7.40**
18	12.6	6.7	9.6	10.6	**5.90**	**9.88**
19	11.2	8.2	8.7	11.9	**3.70**	**10.00**
20	10.7	9.2	9.7	8.9	**1.80**	**9.63**
21	9.4	10	6.1	10.3	**4.20**	**8.95**
22	9.2	7.7	7.1	8.3	**2.10**	**8.08**
23	8.7	8.3	10	5.1	**4.90**	**8.03**
24	7.5	8.7	8.0	7.8	**1.20**	**8.00**
25	8.0	7.6	7.7	10.9	**3.30**	**8.55**

الجدول ٦–٣ نتائج حساب المدى والقيمة المتوسطة لكل عينة

رسم خريطة المراقبة للمدى :

حساب متوسط مدى العينات:

$$\overline{R}=\frac{\sum_{i=1}^{g}R_i}{g}=\frac{\sum_{i=1}^{5}R_i}{25}=\frac{1.70+5.30+....+3.30}{25}=4.252$$

حساب حدود المراقبة علما بأن حجم العينات يساوي ٤ ومن الجدول (A-2) من الملحق (A) نستخلص المعاملات (n= 4 ; D3=0 ; D4=2.282):

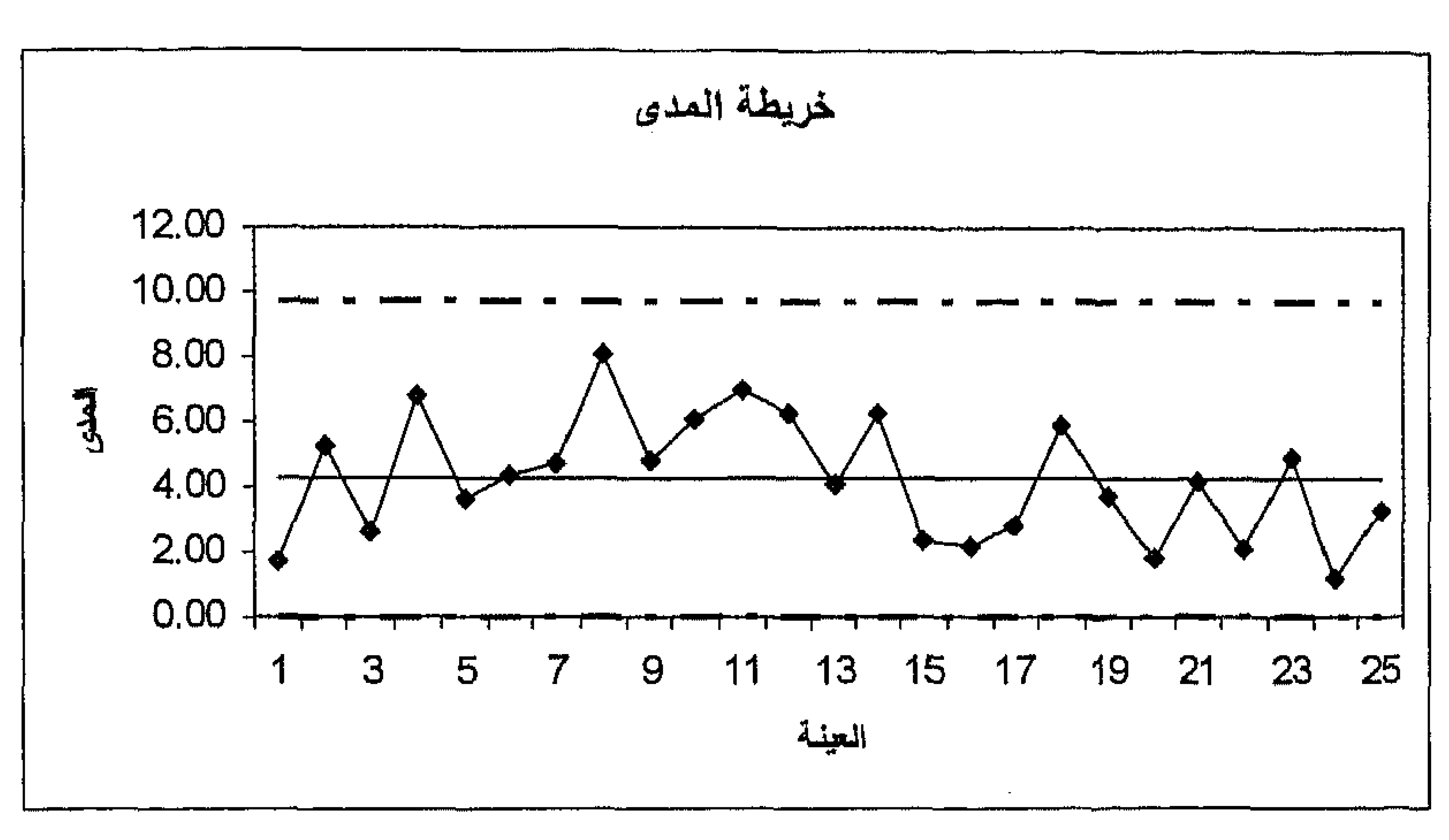
الحد الأدنى للمراقبة :

$$LCL_R=D_3.\overline{R}=0\times 4.252=0$$

الحد الأعلى للمراقبة :

$$UCL_R = D_4.\overline{R}$$
$$UCL_R = 2.282 \times 4.252 = 9.70$$

رسم خريطة المراقبة للمدى: بعد أن تم حساب مدى كل عينة والقيمة المتوسطة للمدى ($\overline{R}$) وحدود الضبط للمدى (LCL_R و UCL_R) والخط المركز (CL) نقوم برسم الخريطة وهذا برسم قيم المدى R لكل عينة بدلالة رقم العينة كما هو موضح على الشكل (٦-٨).



الشكل ٦-٨ خريطة المراقة للمدى

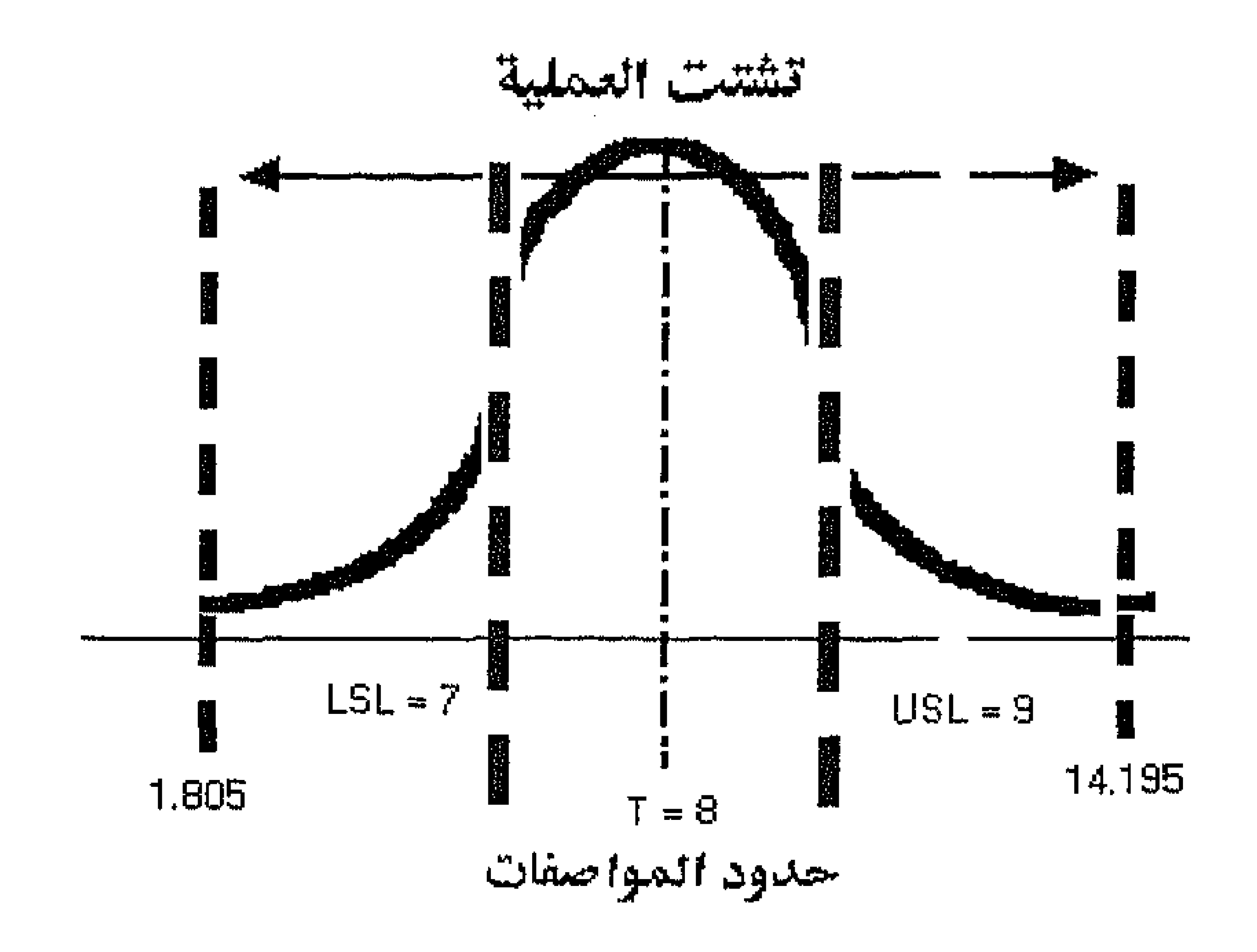
من خلال خريطة المراقبة للمدى يتبين لنا مبدئيا أن العملية واقعة تحت المراقبة الإحصائية ومنه يمكن دراسة مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيق مواصفات الإنتاج. لذلك نقوم بحساب قيمة تقديرية للانحراف المعياري للعملية الذي يمثل مقدار التشتت في العملية والتي تعود إلى التغيرات الحاصلة في العملية ذاتها. يحسب الانحراف المعياري حسب العلاقة: $\sigma = \overline{R}/d_2$ أين لدينا المعامل $d_2=2.059$ وقد تحصلنا عليه من الجدول (A-2):

$$\sigma = \overline{R}/d_2 = \frac{4.252}{2.059} = 2.065$$

نفرض أن العملية لها توزيعا طبيعيا بمتوسط (μ) يقع في النقطة الوسط بين (USL, LSL) وإنحراف معياري (σ) وحسب بيانات المثال فإن لدينا:

$$\sigma = 2.065 \quad , \quad \mu = T = 8\pm \text{ kgf/cm}$$

نقوم برسم التوزيع الطبيعي بهذه البيانات، ونسقط عليه حدود الضبط التي تم حسابها من خريطة المراقبة للمدى وكذلك حدود المواصفات (USL=8+1=9kgf/cm, LSL=8-1=7kgf/cm) ونحصل على الشكل (٦-٩) المبين أدناه.



الشكل ٦-٩ معاينة مقدرة العملية الإنتاجية

من خلال هذا الشكل يتبين لنا بوضوح أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات، إذ توجد نسبة كبيرة من المنتج خارجة عن حدود المواصفات ويمكن التأكد من ذلك عن طريق مقارنة تشتت العملية المحدد بـ (6σ) وحدود المواصفات (USL-LSL) إذ لدينا:

$$6\sigma = 6 \times 2.065 = 12.39 \text{ kgf/cm}$$
$$USL-LSL = 9-7 = 2 \text{ kgf/cm}$$

ومن خلال هذه المقارنة يتضح أن ($6\sigma > (USL - LSL)$) وهذا مؤشر قوي على ضعف مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيق المواصفات في خصائص المنتج (أرجع إلى الفقرة ١-٣، الحالة الرابعة). في هذه الحالة يتوجب علينا البحث عن الأسباب التي أدت إلى هذه الحالة وهذا ما سنقوم بفعله عن طريق رسم خريطة المراقبة للمتوسط.

رسم خريطة المراقبة للمتوسط : بعد أن قمنا بحساب متوسط كل عينة ورصدنا نتائجها على الجدول، نحسب متوسط المتوسطات وهو مجموع متوسط العينات مقسوما على عددها:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{s} \bar{X}_i}{g} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 \ldots\ldots\ldots\ldots + \bar{X}_{25}}{25}$$

$$\bar{\bar{X}} = 8.366 kgf / cm$$

حساب حدود الضبط للمتوسط :

بما أن عدد الوحدات في كل عينة (n=4) ومن جدول المعاملات الثابتة (A-2) فإن قيمة الثابت A2 = 0.729 . وقيمة ($\bar{R} = 4.252$) قد تم حسابها مع خريطة المدى، ومنه فالحد الأدنى للضبط :

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 . \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = 8.366 - (0.729 \times 4.252) = 5.27$$

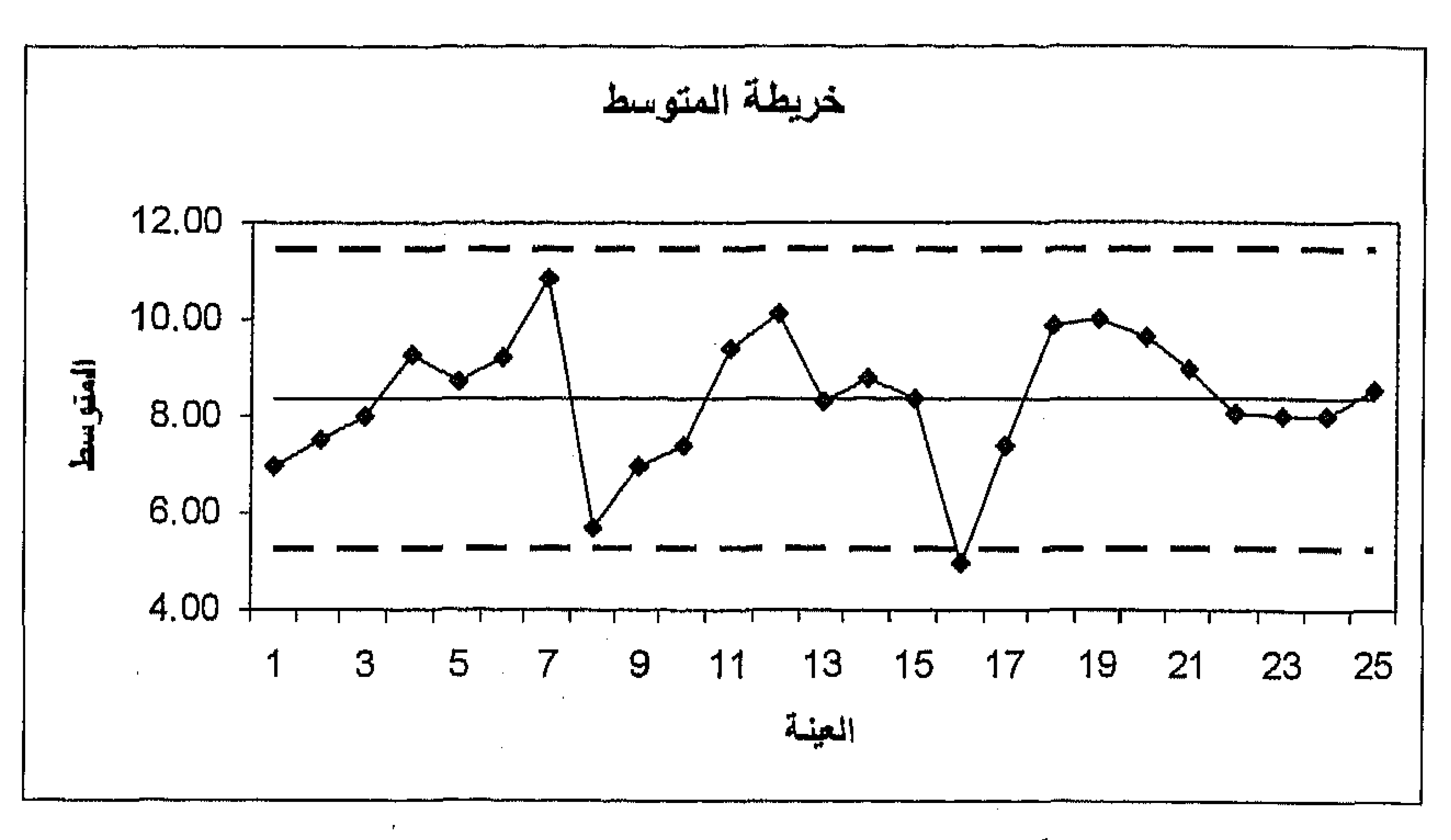
الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 . \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{X}} = 8.366 + (0.729 \times 4.252) = 11.47$$

رسم خريطة المراقبة للمتوسط : بعد أن تم حساب متوسط كل عينة والقيمة المتوسطة للمتوسطات ($\bar{\bar{X}}$) وحدود الضبط للمتوسط (UCLx, LCLx) نقوم برسم

الخريطة وهي تمثل تغيرات قيم المتوسطات بدلالة رقم العينة كما هو موضح على الشكل (٦-١٠).



الشكل ٦-١٠ خريطة المراقبة للمتوسط

لاحظ عزيزي القارئ أن خريطة المتوسط تبين وجود نقاط خارجة عن حدود الضبط إضافة إلى وجود حالات التتابع من العينة ١٨ إلى العينة ٢١ وأن التغيرات والاختلافات في العملية لا يمكن اعتبارها طبيعية وبالتالي فهذه كلها مؤشرات على عدم استقرار العملية ويعود هذا إلى وجود أسباب خاصة تؤثر على العملية، يجب البحث عنها وإزالتها. قصد التقليل من مستوى التشتت والتغيرات وبالتالي تحسين مقدرتها على تحقيق المواصفات في خصائص المنتج يتوجب على الفريق القائم على العملية إجراء تعديلات هامة عليها كتغيير طريقة العمل أو الآلات إلى غير ذلك. لقد وضحنا سابقا أنه لا يمكن دراسة مقدرة العملية إلا إذا كانت منضبطة إحصائيا، الشرط غير المتوفرة في هذه العملية الإنتاجية، ولكن سوف نقوم هنا بحساب مؤشرات المقدرة للتوضيح فقط أن الأسباب الخاصة المؤثرة على العملية تؤدي إلى تدهور في

مقدرتها على تحقيق مواصفات التصميم. لهذا نقوم بتجميع بيانات العملية التي حصلنا عليها من خرائط المراقبة وكذلك البيانات الخاصة بالمواصفات المطلوب تحقيقها:

العملية	المواصفات
$\bar{\bar{X}} = \mu = 8.366$ kgf/cm $\sigma = 2.065$ kgf/cm	T = 8 kgf/cm USL = 8+1=9 kgf/cm LSL = 8-1=7 kgf/cm

أ) **حساب مؤشر للمقدرة (C_p)**

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{9-7}{6 \times 2.065} = \frac{2}{12.39} = 0.16$$

بما أن قيمة المؤشر (Cp<1) فهذا يدل على أن العملية غير قادرة على تحقيق مواصفات المنتج.

ب) **حساب مؤشر المقدرة القائم على حدي المواصفات (C_{pk})**

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{9-8.366}{3 \times 2.065} = 0.436$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{8.366-7}{3 \times 2.065} = 0.9403$$

$$C_{pk} = Min(C_{pu}, C_{pl})$$
$$C_{pk} = Min(0.436, 0.9403) = 0.436$$
$$C_{pk} < 1$$

من خلال قيمة المؤشر يتأكد لدينا أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات وأن هناك مشكلا حقيقيا مع هذه العملية ويتوجب على الفريق القائم عليها مراجعتها مراجعة دقيقة وإجراء التعديلات الكفيلة بحل هذه المشكلة.

ج) حساب مؤشر المقدرة لتاجوشي Cpm

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

قصد تبسيط الحساب نقوم بحساب الجذر التربيعي الموجود في المقام

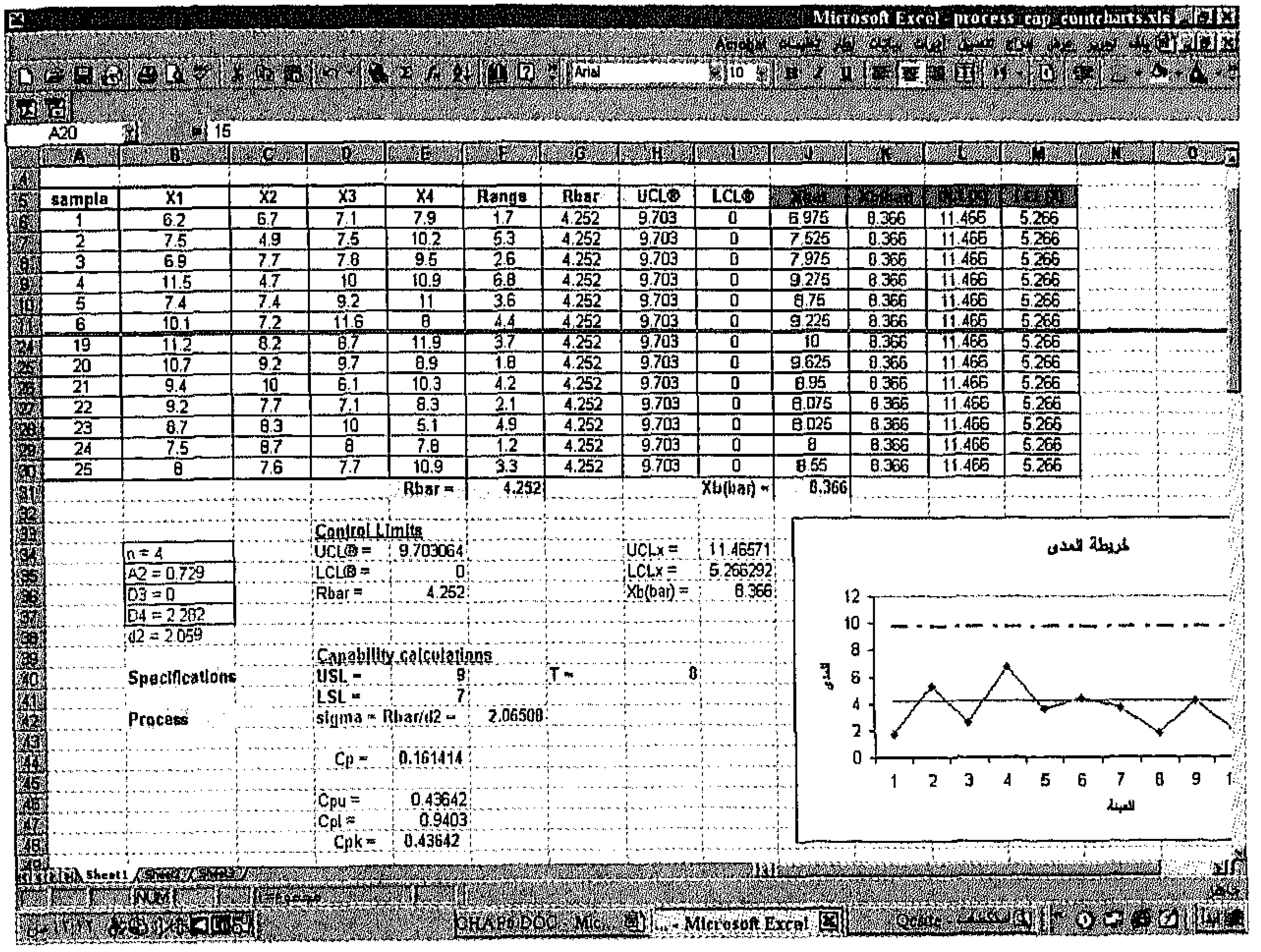
$$\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2} = \sqrt{2.065^2 + (8.366 - 8)^2}$$
$$= 2.097$$

ثم نعوض في المعادلة:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} = \frac{9 - 7}{6 \times 2.097} = 0.159$$

نلاحظ هنا أن كل مؤشرات المقدرة التي تم حسابها لها قيم أقل من ١.٠٠ ومنه نستنتج أن مقدرة العملية الإنتاجية ضعيفة جدا وهذا ما كنا قد استنتجناه سابقا كما هو موضح على الشكل (٦-٩).

بإمكانك عزيزي الدارس متابعة حل المثال على برنامج الأكسل بإتباع نفس الخطوات التي تم شرحها في الفصول الماضية بخصوص عمل خرائط المراقبة للمتغيرات وإجراء الحسابات الخاصة بمعاملات المقدرة كما هو موضح على الشكل (٦-١١).



sample	X1	X2	X3	X4	Range	Rbar	UCL®	LCL®	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	6.2	6.7	7.1	7.9	1.7	4.252	9.703	0	6.975	8.366	11.466	5.266
2	7.5	4.9	7.5	10.2	5.3	4.252	9.703	0	7.525	8.366	11.466	5.266
3	6.9	7.7	7.8	9.5	2.6	4.252	9.703	0	7.975	8.366	11.466	5.266
4	11.5	4.7	10	10.9	6.8	4.252	9.703	0	9.275	8.366	11.466	5.266
5	7.4	7.4	9.2	11	3.6	4.252	9.703	0	8.75	8.366	11.466	5.266
6	10.1	7.2	11.6	8	4.4	4.252	9.703	0	9.225	8.366	11.466	5.266
19	11.2	8.2	8.7	11.9	3.7	4.252	9.703	0	10	8.366	11.466	5.266
20	10.7	9.2	9.7	8.9	1.8	4.252	9.703	0	9.625	8.366	11.466	5.266
21	9.4	10	6.1	10.3	4.2	4.252	9.703	0	8.95	8.366	11.466	5.266
22	9.2	7.7	7.1	8.3	2.1	4.252	9.703	0	8.075	8.366	11.466	5.266
23	8.7	8.3	10	5.1	4.9	4.252	9.703	0	8.025	8.366	11.466	5.266
24	7.5	8.7	8	7.8	1.2	4.252	9.703	0	8	8.366	11.466	5.266
25	8	7.6	7.7	10.9	3.3	4.252	9.703	0	8.55	8.366	11.466	5.266
				Rbar =	4.252			Xb(bar) =	8.366			

Control Limits
UCL® = 9.703064
LCL® = 0
Rbar = 4.252

UCLx = 11.46571
LCLx = 5.266292
Xb(bar) = 8.366

n = 4
A2 = 0.729
D3 = 0
D4 = 2.282
d2 = 2.059

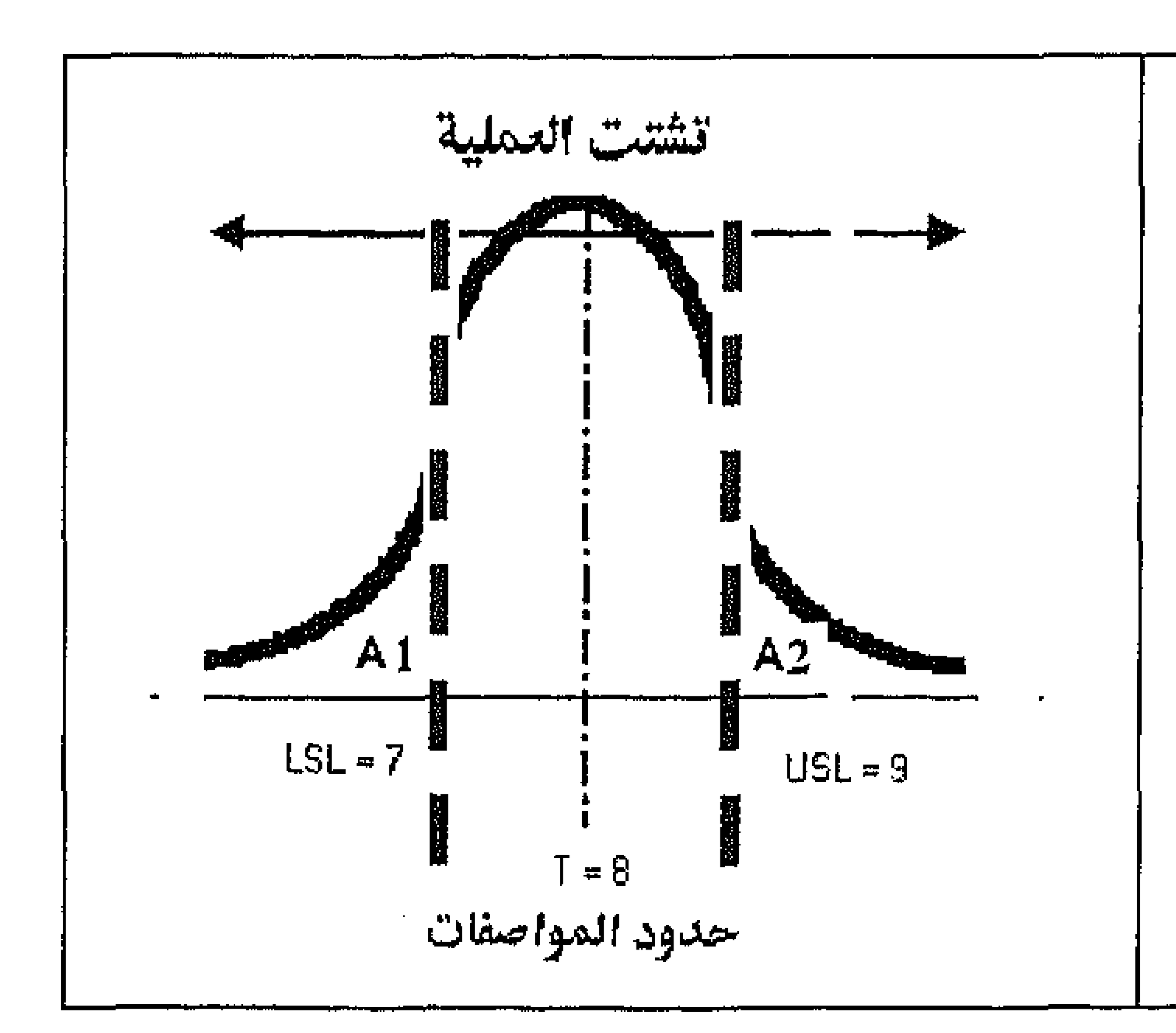
Capability calculations
Specifications USL = 9 T = 8
LSL = 7
Process sigma = Rbar/d2 = 2.06508

Cp = 0.161414

Cpu = 0.43642
Cpl = 0.9403
Cpk = 0.43642

الشكل ٦-١١ حل المثال كاملا على برنامج الأكسل

تحديد نسبة المنتج المعيب : يمكن لنا تحديد نسبة المنتج الخارج عن حدود المواصفات وهذا باستعمال الطريقة التي قمنا بعرضها في الفقرة (٧-٣) من الفصل الثالث والتي تقوم على حساب المعامل المعياري الطبيعي $Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$. لذلك نلخص البيانات على الجدول (٦-٤).

	نفرض أن العملية متمركزة مع المواصفة الهدف، أي أن : $T = \mu = 8$ الانحراف المعياري : $\sigma = 2.065$ حدود المواصفات : X_1=LSL=7 X_2=USL=9

الجدول ٦-٤ ملخص خصائص العملية

يمكن أن نبدأ بحساب المساحة (A_2) الواقعة تحت المنحنى الطبيعي والواقعة في المجال X>X2 . نحسب قيمة (Z) حيث $Z = \frac{x-\mu}{\sigma} = \frac{9-8}{2.065} = +0.484$ ومن الجدول (A-1) الملحق (A) يمكن تحديد قيمة المساحة المقابلة لـ (Z=+0.484) وهي (A_2=0.3156=31,65%) ومنه نستنتج أن نسبة الإنتاج الذي يمكن إعادة تشغيله يعادل 31,65%، وبما أننا فرضنا أن العملية متمركزة مع القيمة الهدف فإن المساحة (A_1) التي تمثل الإنتاج المعيب والذي لا يمكن إعادة تشغيله تكون متساوية مع (A_2) أي (31,65%)، ويمثل إجمالي الإنتاج المعيب 63.12% أي ما يعادل (631227ppm) وحدة معيبة في المليون.

٧ دراسة مقدرة عملية إنتاجية باستعمال طريقة المدرج التكراري وبرنامج المينيتاب

تصنع شركة كيتشنر كراسي سيارات جنرال موترز (General Motors) الفخمة. أحد مكونات كرسي السيارة والذي له أثر على راحة راكب السيارة هو الجزء الذي يستعمل كراحة للرأس. يحتوي هذا الجزء على إطار معدني على شكل

حرف "U" بمواصفات لأبعاده ($L = 240 \pm 2mm$) . ويعتبر هذا البعد مهم جدا بحيث أنه إذا كان كبيرا أو صغيرا فلا يمكن تثبيته في الثقوب المخصصة لذلك. قام مفتش الجودة لدى الشركة بسحب عينة عشوائية تحتوي على ٦٠ وحدة وقام بإجراء عملية قياس البعد ورصد النتائج على الجدول (٦-٥).

241.6	239	238.6	240.2	239.1	239.8
241.3	239.9	239.2	238.7	239.5	237.6
239.7	240.3	240.4	239.8	241.5	239.8
241	240.9	242.5	238.9	238.1	238.8
239.8	240.2	238.3	238.5	238.7	238
240.3	239.8	240.4	240.5	241.6	236.5
239.4	238.4	240.9	239.1	239.6	237.8
239.5	239.4	238.7	239.5	240.4	236.9
240.1	238.5	241.1	241	239.8	238.1
240.3	240.9	238.7	239.7	240.3	236.8

الجدول ٦-٥ بيانات أطوال القطع الميكانيكية

من خلال عمل التوزيع التكراري والمدرج التكراري رسم للبيانات سنقوم بدراسة مقدرة العملية التصنيعية على إنتاج القطعة حسب المواصفات ولذلك سوف نقوم بتتبع الخطوات التالية كما سبق ذكرها في الفقرة ٣ من هذا الفصل، وهي:

الخطوة ١ : وهي خاصة بجمع البيانات عن العملية التصنيعية (الجدول ٦-٥).

الخطوة ٢: من بيانات العملية نقوم بحساب القيمة المتوسطة ($\overline{X}$)

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Xi}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots\dots\dots + X_n}{n}$$

$$\overline{X} = \frac{241.6 + 241.3 + \dots\dots + 238.1 + 236.8}{60}$$

$$\overline{X} = 239.56$$

والانحراف المعياري (s) للبيانات :

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2}{n-1}}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(X_i-\overline{X}\right)^2}$$

$$s=\sqrt{\frac{1}{60-1}\sum_{i=1}^{n}\ (X_i-239.56)^2}\ =1.24$$

الخطوة ٣: نقوم بعمل المدرج التكراري بإتباع الطريقة التي قمنا بعرضها في الفصل الثالث، ونبدأ بحساب مدى البيانات:

$$R=X_{\max}-X_{\min}=242.5-236.5=6$$

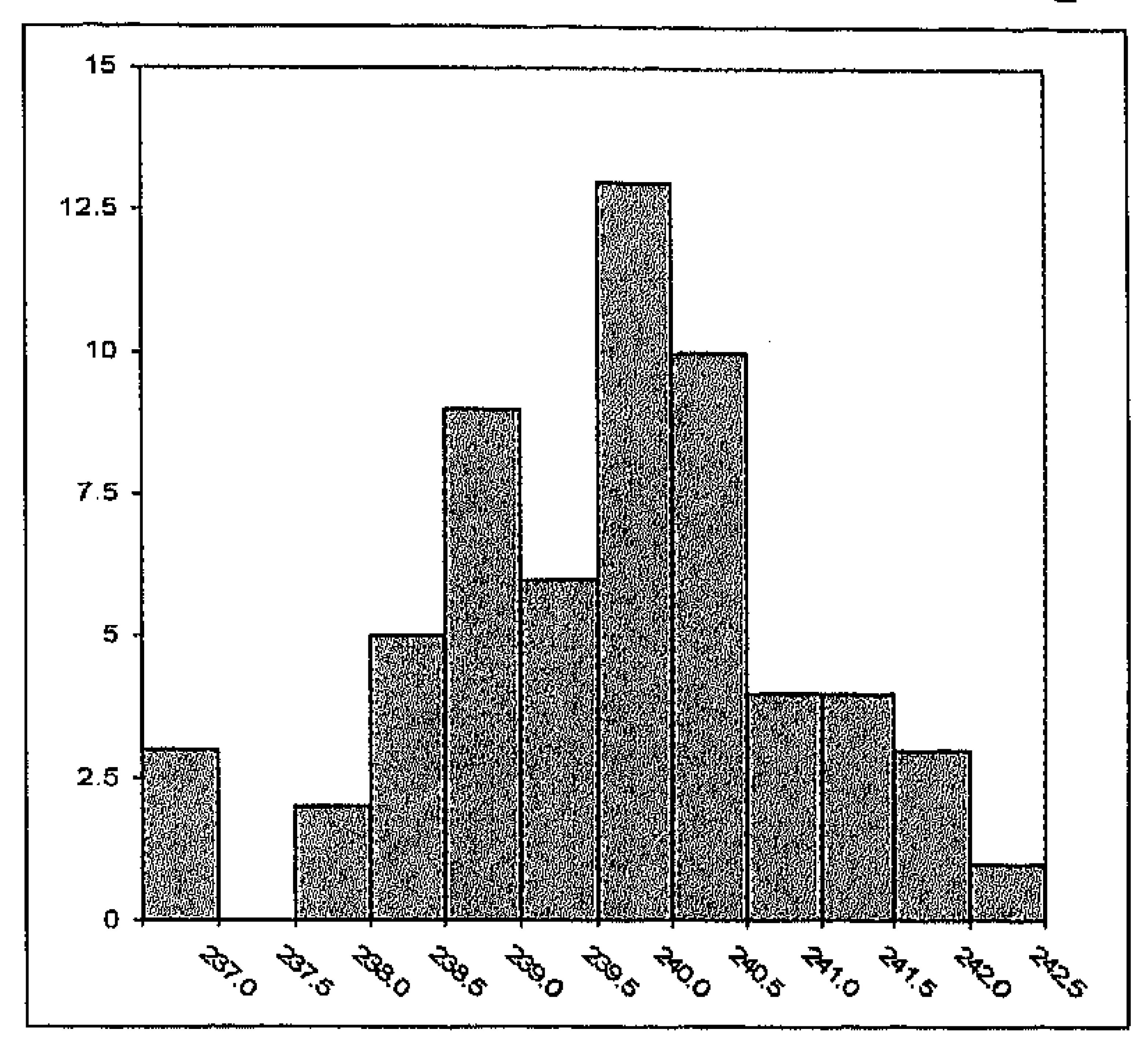
سوف نقوم بتقسيم هذا المجال إلى عدد من الفئات (k) وليكن مثلا ١٢ فئة بحيث تكون فترة كل فئة (h) بحيث $h=\frac{R}{k}=\frac{6}{12}=0.5$ (نلاحظ هنا أنه بالإمكان أخذ عدد الفئات أقل من ١٢ وإنما أخذنا هذا العدد لنحصل على قيمة بسيطة للفترة h).

نقوم بتحديد حدود ومراكز الفئات ونحسب تكرار كل فئة بطريقة العد بالحزم (Tabulation) ونحصل على النتائج الموضحة على الجدول (٦-٦).

الفئة	الحد الأدنى	الحد الأعلى	مركز الفئة	التكرار
1	236.5	237	236.75	3
2	237	237.5	237.25	0
3	237.5	238	237.75	2
4	238	238.5	238.25	5
5	238.5	239	238.75	9
6	239	239.5	239.25	6
7	239.5	240	239.75	13
8	240	240.5	240.25	10
9	240.5	241	240.75	4
10	241	241.5	241.25	4
11	241.5	242	241.75	3
12	242	242.5	242.25	1

الجدول ٦-٦ التوزيع التكراري للعملية التصنيعية

نقوم الآن برسم المدرج التكراري للبيانات كما هو موضح على الشكل (٦-١٢).

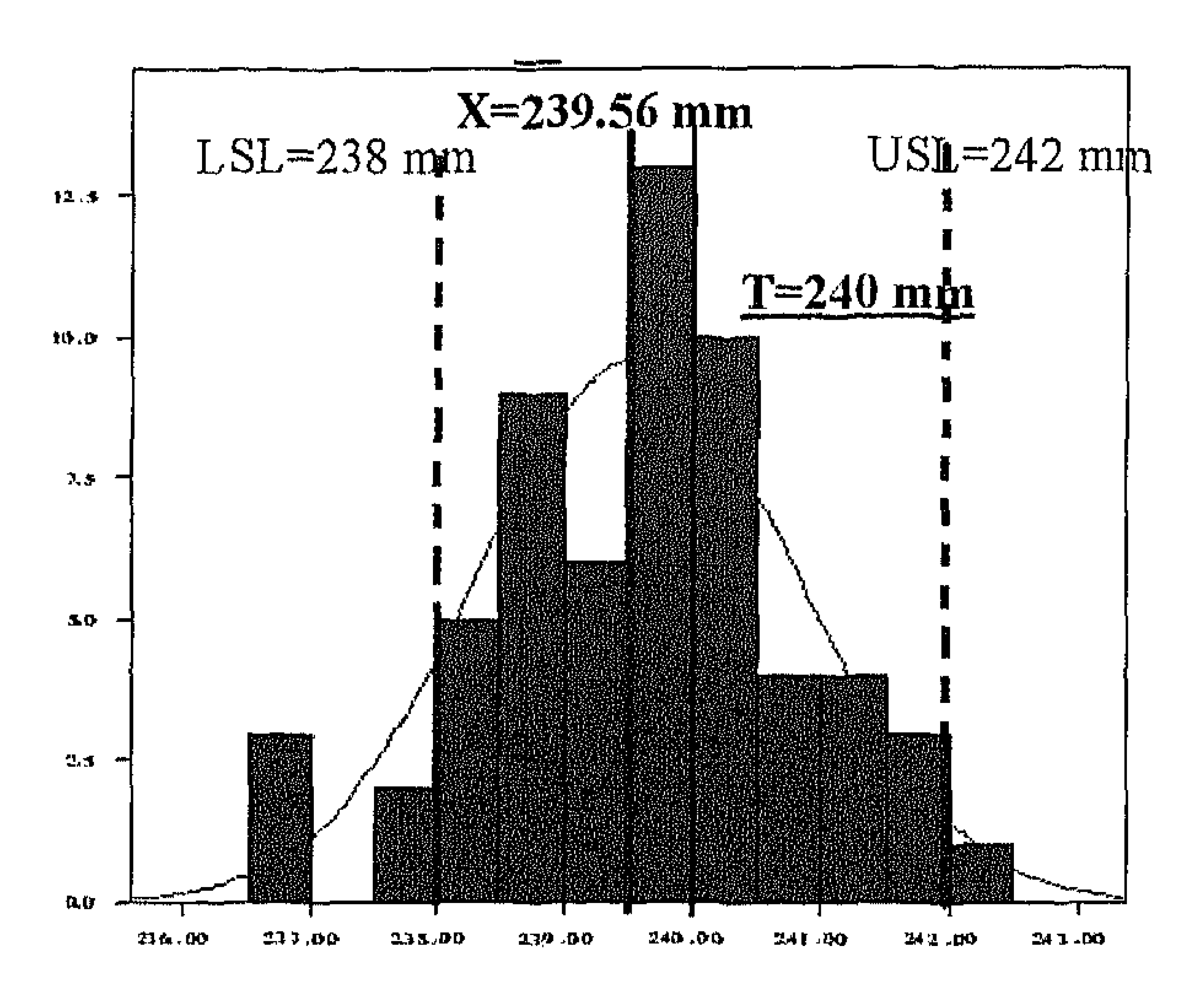


الشكل ٦-١٢ المدرج التكراري للعملية التصنيعية

الخطوة ٤: يمكن أن نلاحظ هنا عزيزي القارئ الكريم أن التوزيع قريب من التوزيع الطبيعي، لذلك فسنقوم بإضافة حدود المواصفات (USL, LSL) والقيمة الهدف (T) والقيمة المتوسطة ($\overline{X}$) مع رسم منحنى التوزيع الطبيعي (للتوضيح فقط) كما هو موضح على الشكل (٦-١٣).

الخطوة ٥ - دراسة مقدرة العملية : من الشكل (٦-١٣) نلاحظ أن حدود المواصفات (USL-LSL) أصغر من تشتت العملية (6σ) مع وجود انحراف بسيط في متوسط العملية عن المواصفة الهدف (T). وكما تم توضيحه سابقا فتعتبر هذه الحالة سيئة وتدل على أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم، وهذا ما يمكن التأكد منه أيضا عن طريق حساب مؤشرات المقدرة.

ولتسهيل عمليات حساب مؤشرات المقدرة نقوم بتجميع بيانات العملية التي حصلنا عليها من التوزيع التكراري وكذلك البيانات الخاصة بالمواصفات المطلوب تحقيقها في الجدول (٦-٧).



الشكل ٦-١٣ المدرج التكراري للعملية التصنيعية مع حدود المواصفات

الخطوة ٦ - دراسة مقدرة العملية : من الشكل (٦-١٣) نلاحظ أن حدود المواصفات (USL-LSL) أصغر من تشتت العملية (6σ) مع وجود انحراف بسيط في متوسط العملية عن المواصفة الهدف (T). وكما تم توضيحه سابقا فتعتبر هذه الحالة سيئة وتدل على أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم، وهذا ما يمكن التأكد منه أيضا عن طريق حساب مؤشرات المقدرة.

لتسهيل عمليات حساب مؤشرات المقدرة نقوم بتجميع بيانات العملية التي حصلنا عليها من التوزيع التكراري وكذلك البيانات الخاصة بالمواصفات المطلوب تحقيقها في الجدول (٦-٧).

المواصفات	بيانات العملية (مقاييس النزعة المركزية والتشتت)
T = 240 mm USL = 242 mm LSL = 238 mm	$\overline{X} = \mu = 239.56$ mm $\sigma = 1.248$ mm

الجدول ٦-٧ مقارنة مواصفات التصميم مع بيانات العملية

أ) حساب مؤشر للمقدرة (C_p)

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{242 - 238}{6 \times 1.248} = 0.59$$

$$Cp = 0.59$$

$$Cp < 1$$

ب) مؤشر المقدرة القائم على حدي المواصفات (C_{pk}) :

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pu} = \frac{242 - 239.56}{3 \times 1.248} = 0.72$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{239.56 - 238}{3 \times 1.248} = 0.46$$

$$C_{pk} = Min(C_{pu}, C_{pl})$$

$$C_{pk} = Min(0.72, 0.46) = 0.46$$

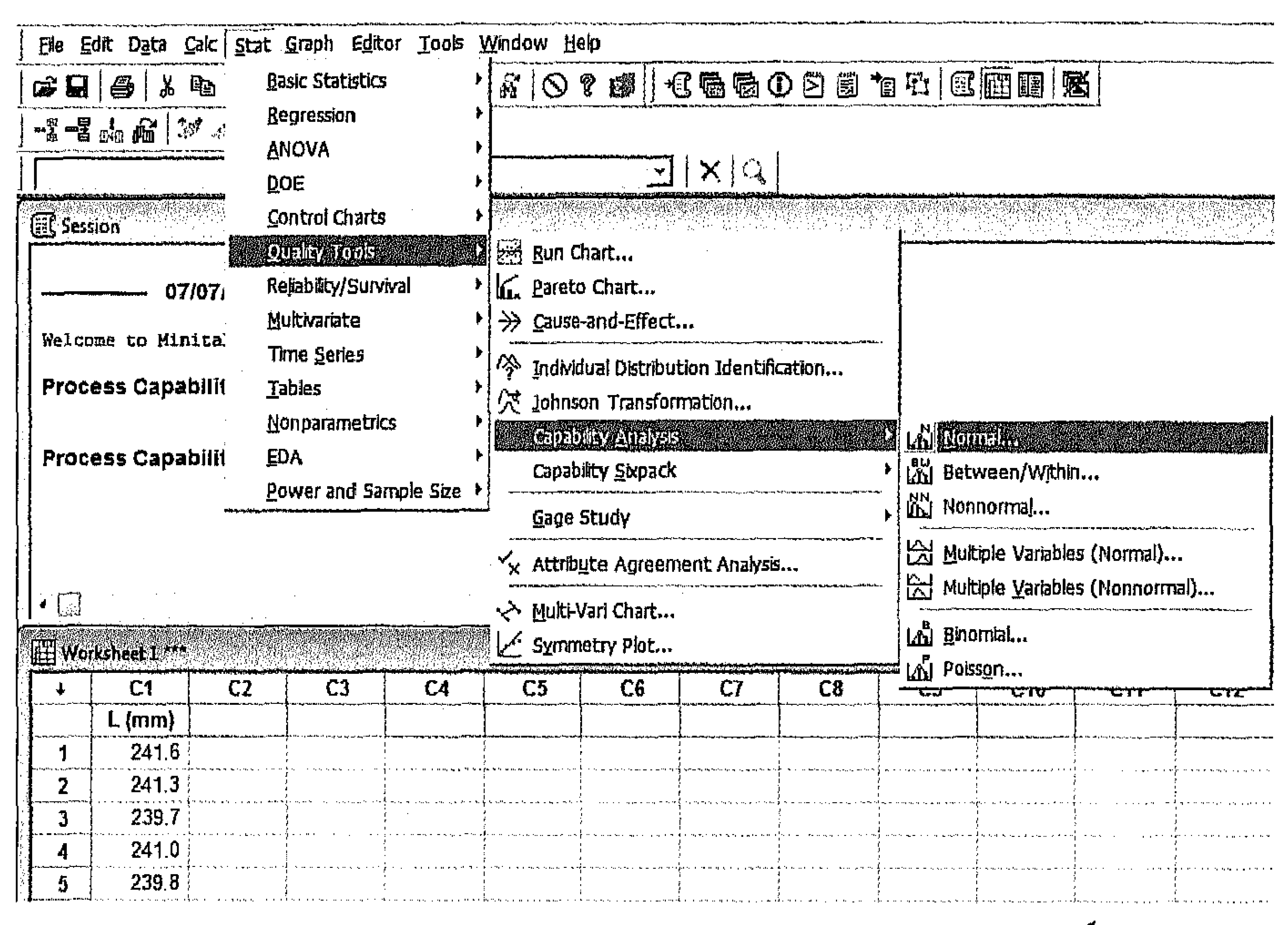
$$C_{pk} < 1$$

من خلال قيم مؤشرات المقدرة (C_p , C_{pk} <1) يتأكد لدينا أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات وأن هناك مشكل في سير هذه العملية يتوجب على الفريق القائم عليها مراجعتها وإجراء التعديلات الكفيلة بحل هذه المشكلة.

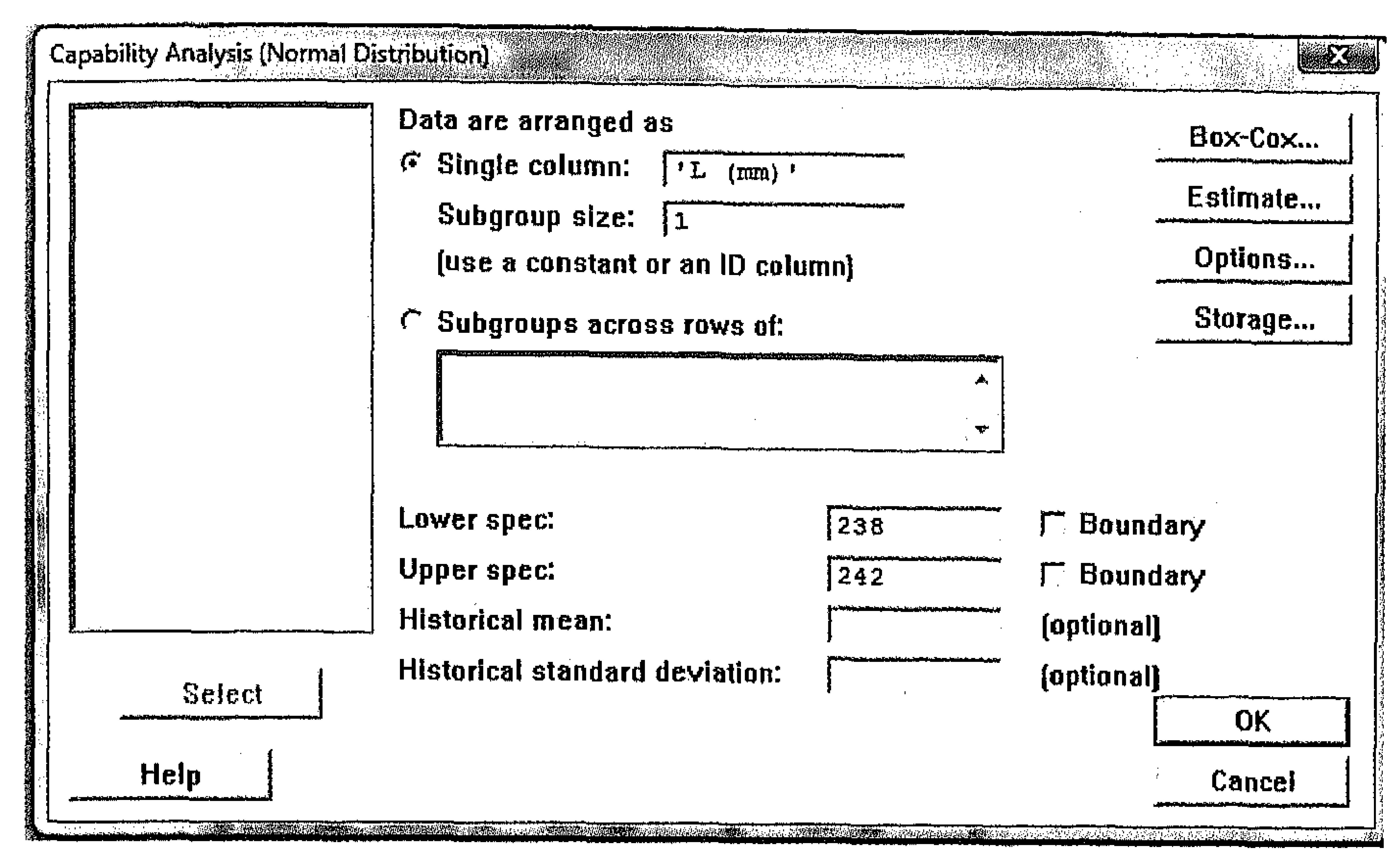
نلاحظ هنا أن برنامج المينيتاب يسمح بإجراء تحليل مقدرة العمليات بسهولة وسوف نقوم بتوضيح ذلك بالعمل على نفس المثال كما يلي:

بعد إدخال بيانات العملية في عمود واحد (C1)، من قائمة (Stat) نختار (Quality Tools) ثم (Capability Analysis) وبعدها (Normal) (الشكل ٦-١٤).

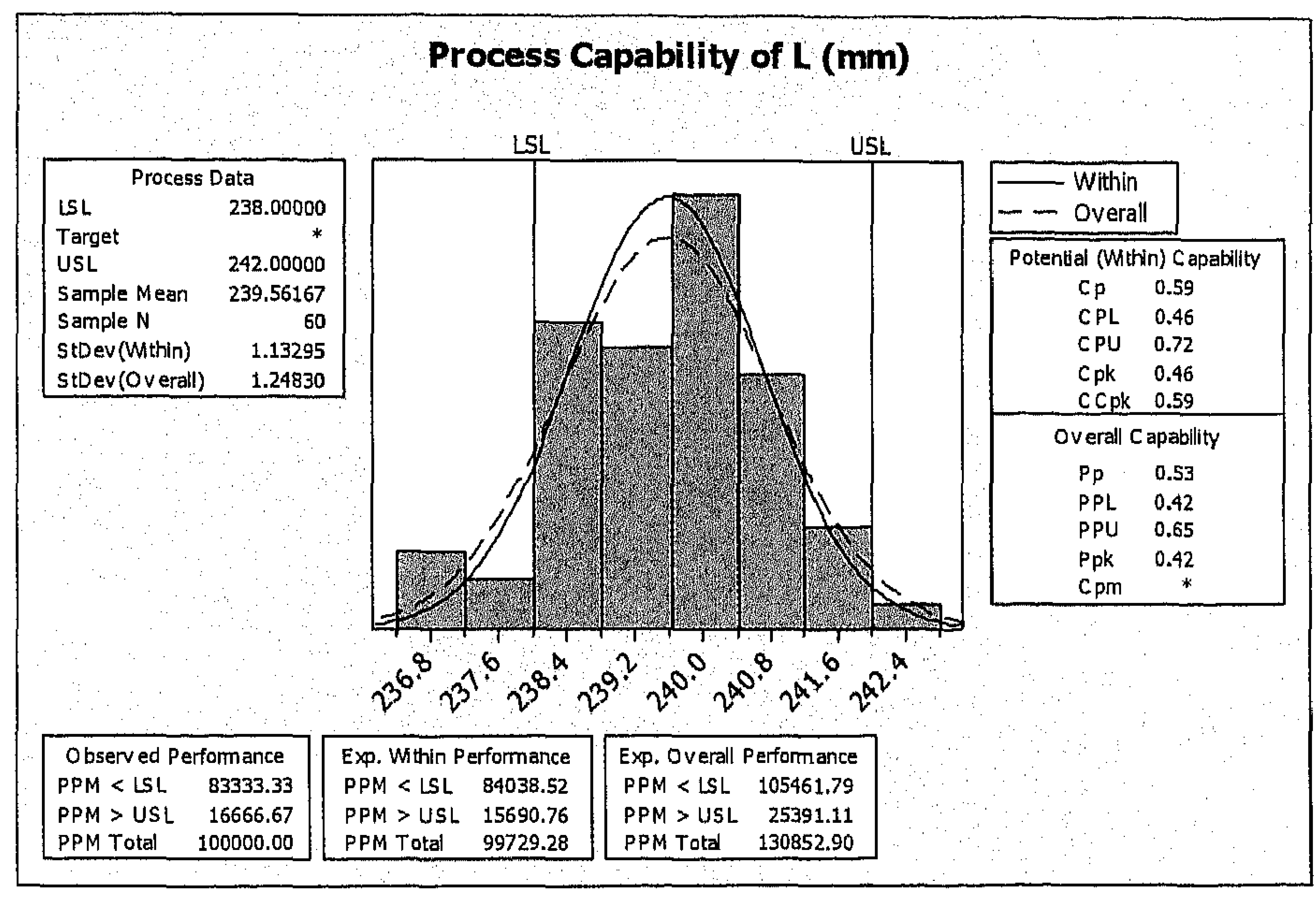
بعدها تفتح نافذة حوار ((Capability Analysis (Normal Distribution)) حينها نقوم بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (٦-١٥)، أين تمثل (Lower spec) الحد الأدنى للمواصفات و(Upper spec) الحد الأعلى للمواصفات. بعدها يتم إختيار (OK) لنحصل على نتيجة التحليل الموضحة على الشكل (٦-١٦) والتي تبين أن توزيع العملية يحتوي على الكثير من الإختلافات التي تتجاوز حدود المواصفات مما يجعل مقدرة العملية الإنتاجية سيئة في تحقيق المواصفات. هذا ما يمكن التأكد منه من خلال مؤشرات المقدرة الموضحة على الجدول (٦-٨) والتي تظهر قيمها أنها أقل من قيمة ١.٠٠ .



الشكل ٦-١٤ دراسة مقدرة العمليات عن طريق برنامج المينيتاب



الشكل ٦-١٥ إدخال بيانات العملية لحساب مقدرة العملية



الشكل ٦-١٦ نتيجة المينيتاب لتحليل مقدرة العملية

مؤشرات مقدرة العملية	بيانات العملية والمواصفات
Potential (Within) Capability Cp 0.59 CPL 0.46 CPU 0.72 Cpk 0.46 CCpk 0.59	Process Data LSL 238.00000 Target * USL 242.00000 Sample Mean 239.56167 Sample N 60 StDev(Within) 1.13295 StDev(Overall) 1.24830

الجدول ٦–٨ مؤشرات المقدرة للعملية الإنتاجية

٨ الطريقة الشاملة لتحليل مقدرة عملية خدمية باستخدام برنامج المينيتاب

قام مدير إحدى شركات خدمات السيارات في المنطقة بتطبيق أساليب المراقبة الإحصائية للعمليات لتحسين جودة خدمات الشركة حيث حدد هدفا يتمثل في تقديم خدمة تغيير زيت المحرك والسيفون في مدة تتراوح بين ١٠ و٢٥ دقيقة لكل سيارة. قصد مراقبة العملية قام المدير بتسجيل الأوقات (بالدقيقة) التي تستغرقها هذه العملية التي يجريها ٥ من عمال الشركة خلال فترة ٢٠ يوما على الجدول (٦–٩).
نود دراسة مدى إستقرار العملية الخدمية لدى الشركة ومقدرتها على تحقيق الهدف.
في هذا المثال سنقوم بإجراء تحليل شامل للبيانات يسمى "تحليل الحزمة الستة" (Capability Sixpack) والذي يشمل :

١. التوزيع التكراري لبيانات العملية (Histogram)
٢. إختبار التوزيع الطبيعي (Normal probability plot)
٣. خريطة المراقبة للمتوسط (Xbar chart)
٤. خريطة المراقبة للمدى (R chart)
٥. خريطة التتابع لآخر ٢٠ عيينة (Last 20 subgroups)
٦. مخطط المقدرة مع مؤشرات المقدرة (Capability plot)

العامل ١	العامل ٢	العامل ٣	العامل ٤	العامل ٥	اليوم
15.27	18.30	13.54	11.67	11.66	1
12.72	18.36	12.89	15.44	12.50	2
14.00	13.29	11.20	16.83	18.30	3
17.55	14.69	13.31	14.44	15.92	4
11.47	18.02	13.1	16.14	21.06	5
13.78	16.59	19.68	14.19	17.22	6
12.54	16.48	13.42	16.68	17.85	7
14.44	16.28	15.00	16.72	16.13	8
15.63	15.19	13.08	15.38	15.02	9
15.05	14.35	15.45	18.60	14.07	10
15.12	13.04	13.88	16.58	12.46	11
20.57	14.13	14.39	15.56	13.32	12
13.76	15.48	19.17	20.31	16.62	13
16.65	12.65	15.18	12.59	16.16	14
14.90	12.68	16.29	13.96	16.54	15
13.84	12.04	15.70	15.33	11.35	16
17.26	16.45	11.35	13.21	15.06	17
16.36	13.16	14.96	16.96	12.45	18
12.21	15.08	16.14	15.15	12.40	19
12.79	17.16	15.12	16.65	13.98	20

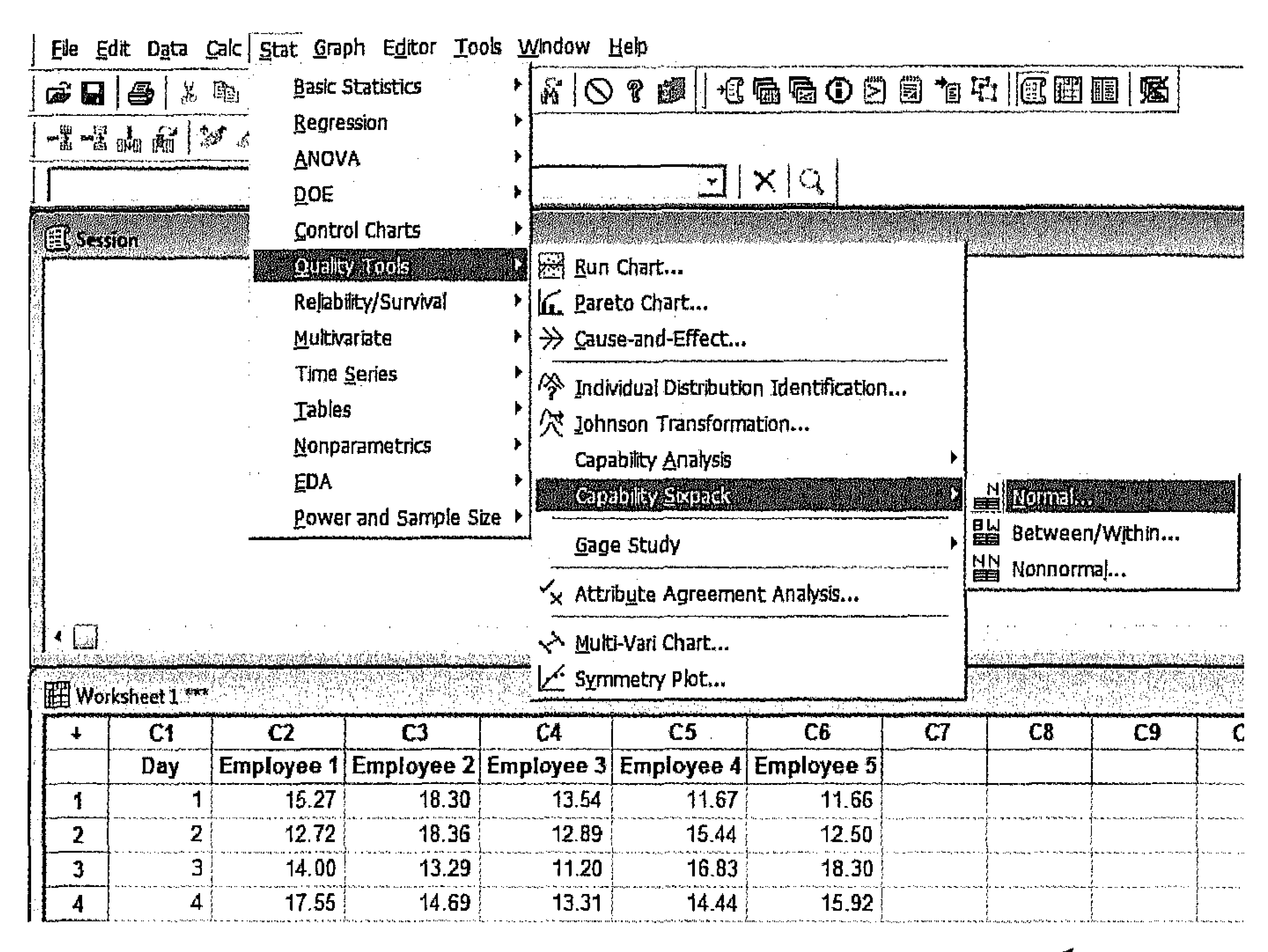
الجدول ٦-٩ الوقت المستغرق لإجراء عملية خدمية

لإجراء هذا التحليل نقوم أولا بإدخال بيانات العملية على ورقة العمل في المينيتاب كما هو موضح على الشكل (٦-١٧). ثم من قائمة (Stat) نختار (Quality Tools) ثم (Capability Sixpack) وبعدها (Normal) (الشكل ٦-١٨)، حينها تفتح نافذة حوار (Capability Sixpack (Normal Distribution)) أين نقوم بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (٦-١٩). هنا تمثل (Lower spec) الحد الأدنى للمواصفات و(Upper spec) الحد الأعلى للمواصفات. بعدها يتم اختيار (OK) لنحصل على نتيجة التحليل الموضحة على الشكل (٦-٢٠).

Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Day	Employee 1	Employee 2	Employee 3	Employee 4	Employee 5	
1	1	15.27	18.30	13.54	11.67	11.66	
2	2	12.72	18.36	12.89	15.44	12.50	
3	3	14.00	13.29	11.20	16.83	18.30	
4	4	17.55	14.69	13.31	14.44	15.92	
5	5	11.47	18.02	13.10	16.14	21.06	
6	6	13.78	16.59	19.68	14.19	17.22	
7	7	12.54	16.48	13.42	16.68	17.85	
8	8	14.44	16.28	15.00	16.72	16.13	
9	9	15.63	15.19	13.08	15.38	15.02	

الشكل ٦–١٧ إدخال بيانات العملية الخدمية في برنامج الميني‌تاب



الشكل ٦–١٨ إدخال بيانات العملية الخدمية في برنامج الميني‌تاب

Capability Sixpack (Normal Distribution)

C1 Day
C2 Employee 1
C3 Employee 2
C4 Employee 3
C5 Employee 4
C6 Employee 5

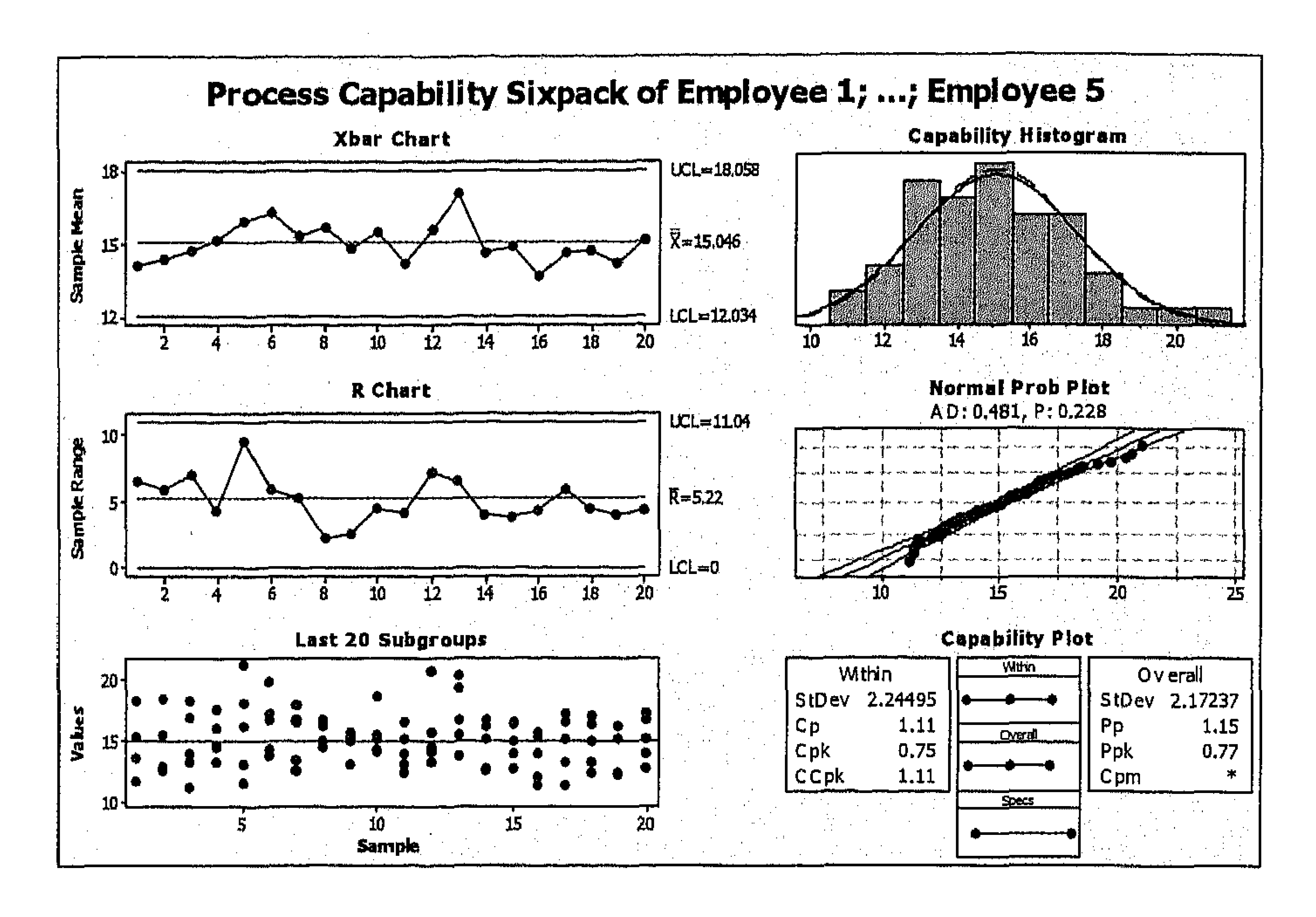
Data are arranged as
Single column:
Subgroup size:
(use a constant or an ID column)
Subgroups across rows of:
'Employee 1'-'Employee 5'

Lower spec: 10
Upper spec: 25
Historical mean: (optional)
Historical standard deviation: (optional)

Box-Cox...
Tests...
Estimate...
Options...
Select
Help
OK
Cancel

الشكل ٦-١٩ إدخال بيانات العملية الخدمية في برنامج الميني‌تاب

يتبين من الشكل (٦-٢٠) أن العملية الخدمية مستقرة إحصائيا (In control process) وهي أيضا قادرة على تحقيق المواصفات (Capable process) حيث أن مؤشر المقدرة (C_p=1.11>1.0). نلاحظ هنا أيضا أن هناك فرصة للتحسين في العملية حيث أن المؤشر (C_{pk}=0.75<1.0) وهذا لإنحراف العملية نحو اليمين أي الحد الأعلى للمواصفة المتمثلة في المدة الزمنية الأطول.



الشكل ٦-٢٠ نتيجة التحليل الشامل لمقدرة العملية الخدمية في ورشة الصيانة

٩ تحليل مقدرة العمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص وعن طريق برنامج المينيتاب

٩-١ طريقة تحليل مقدرة العمليات عن طريق خرائط المراقبة للخواص

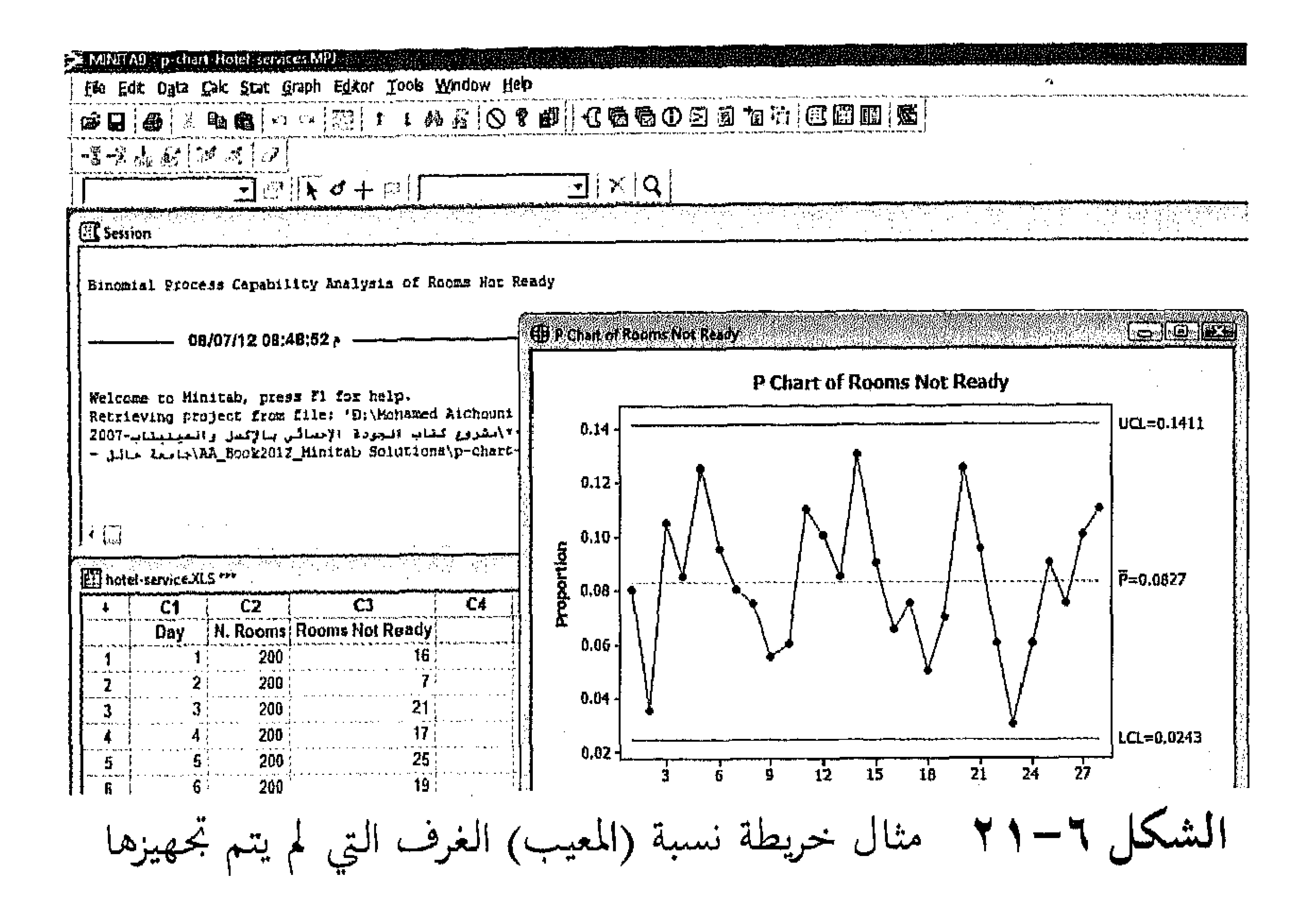
إنه من السهل أن نلاحظ أن كل ما تم تقديمه في الفقرات السابقة لدراسة مقدرة العمليات كان مبنيا على المتغيرات (Variables)، أي تلك خصائص الجودة التي يمكن تحديدها عن طريق عمليات القياس. الحقيقة أن هذا النوع من البيانات هو الأمثل لإجراء دراسة المقدرة، ولكن في بعض العمليات الإنتاجية يتعذر علينا الحصول على هذا النوع من البيانات وكذلك الحال في معظم العمليات الخدمية، أين تتم مراقبة العملية عن طريق الخواص (Attributes). في هذه الحالة يمكن دراسة مقدرة العملية على النحو التالي:

عن طريق رسم خريطة المراقبة لعدد العيوب (c chart) أو خريطة نسبة المعيب (p chart)، نقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية. في حالة وقوع العملية تحت المراقبة الإحصائية، تستعمل حدود الضبط كحدود لمراقبة العملية (operation control limits) لفترة زمنية كافية تسمح بتحديد وإزالة أي أسباب خاصة قد تؤثر على سير العملية. يمكن تحديد مقدرة العملية في هذه الحالة على أنها قيمة الخط المركز للخريطة (Center Line) والتي تمثل مستوى جودة العملية على الأمد البعيد. في حالة ما إذا كان مستوى مقدرة العملية لا يحقق الأهداف المسطرة من طرف الإدارة، يقوم الفريق القائم على العملية بتحديد أهم الأسباب المؤدية إلى ذلك وهذا باستعمال تحليل باريتو (Pareto Analysis) ومخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) وهذا مما يسمح بالوصول إلى الإجراءات اللازمة لتحسين العملية والرفع من مستوى مقدرتها (Grant & Leavenworth, 1999, p.327).

٩-٢ تحليل مقدرة العمليات عن طريق خرائط المراقبة للخواص على برنامج المينيتاب

لتوضيح طريقة استعمال برنامج المينيتاب لإجراء تحليل مقدرة العمليات بإستخدام خرائط المراقبة للخواص (Control charts for attributes) سوف نقوم بالعمل على نفس المثال الذي قمنا بعرضه في الفقرة ٤-٢-١ من الفصل الخامس والخاص بالخدمة الفندقية حيث تبين من خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p chart) أن العملية مستقرة إحصائيا (الشكل ٥-١٤) ومنه فبالإمكان دراسة مقدرة العملية.

نقوم بفتح ملف المينيتاب الخاص بالمثال الذي كنا قد عملناه في الفصل الخامس (الشكل ٦-٢١).

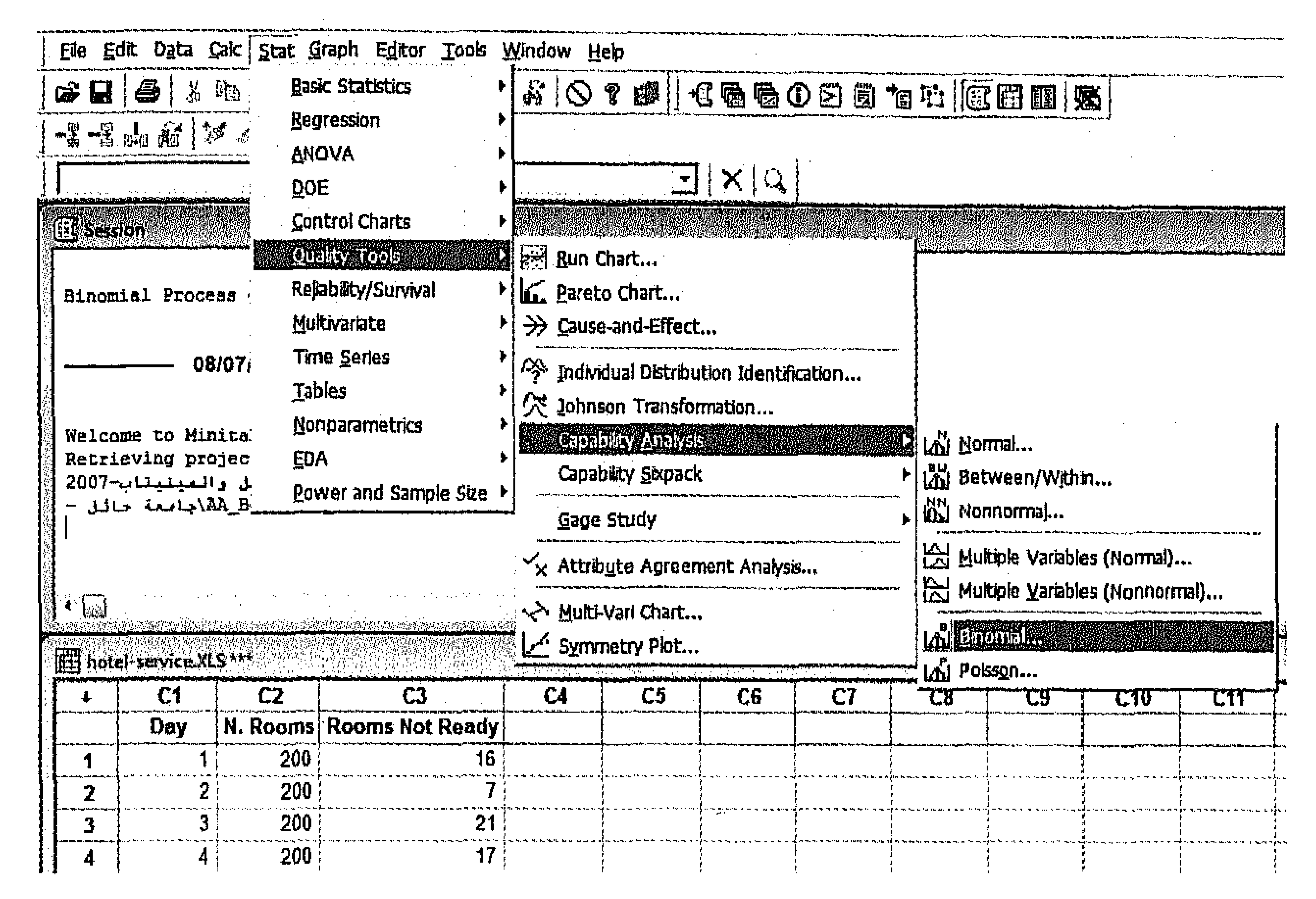


الشكل ٦-٢١ مثال خريطة نسبة (المعيب) الغرف التي لم يتم تجهيزها

من قائمة (Stat) نختار (Quality Tools) ثم (Capability Analysis) وبعدها (..Binomial) (الشكل ٦-٢٢)، حينها تفتح نافذة حوار (Capability Analysis (Binomial Distribution) أين نقوم بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (٦-٢٣). هنا تمثل (Defectives) عدد الغرف غير الجاهزة و(Use sizes in:) عدد الغرف كل يوم والتي تمثل حجم العينة. بعدها يتم إختيار (OK) لنحصل على نتيجة التحليل الموضحة على الشكل (٦-٢٤).

تحليل النتائج: يتضح من النتائج (الشكل ٦-٢٤) أن العملية مستقرة ولا يوجد أي مؤشر على وقوع أسباب خاصة في العملية (خريطة نسبة المعيب (P chart) في اليسار الأعلى من الشكل) كما توضح أيضا خريطة نسبة المعيب التراكمي ((Cumulative % Defective) أسفل يسار) أن العملية مستقرة ولا يوجد فيها سوى تغيرات طبيعية بحيث تتغير النسبة التراكمية بين ٧.٥ و٩% وهذا ما يمكن قراءته أيضا من الإحصائيات (Summary Stats) التي تبين القيمة المتوسطة لنسبة

الغرف غير الجاهزة يوميا بحوالي ٨.٢٧ % وهذا ما يعادل قيمة (PPM 82.679) أي ٨٢٦٧٩ غرفة غير جاهزة في مليون فرصة من عمل الفندق.



↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	Day	N. Rooms	Rooms Not Ready								
1	1	200	16								
2	2	200	7								
3	3	200	21								
4	4	200	17								

الشكل ٦-٢٢ إجراء تحليل مقدرة العمليات بإستخدام خرائط المراقبة للخواص

Capability Analysis (Binomial Distribution)

C1 Day
C2 N. Rooms
C3 Rooms Not R

Defectives: 'Rooms Not Ready'

Sample size
Constant size:
Use sizes in: 'N. Rooms'

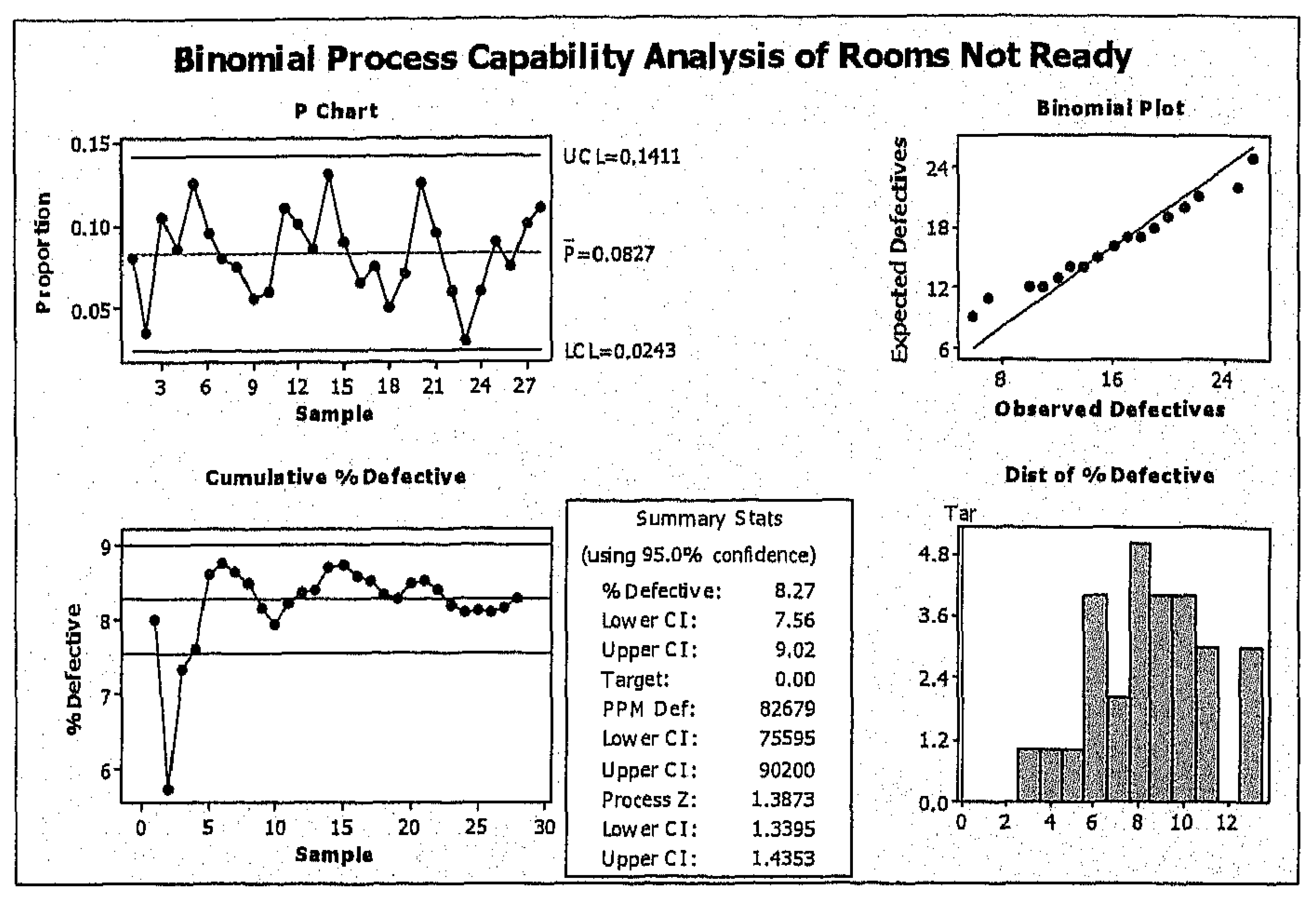
Historical p: (optional)

Enter a target %Defective for this process (optional)
Target: 0

Tests... Options... Storage...

Select Help OK Cancel

الشكل ٦-٢٣ إدخال بيانات المثال



الشكل ٦-٢٤ نتيجة التحليل الشامل لمقدرة العملية الخدمية في الفندق

١٠ خارطة الطريق لتطبيق تحليل مقدرة العمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية

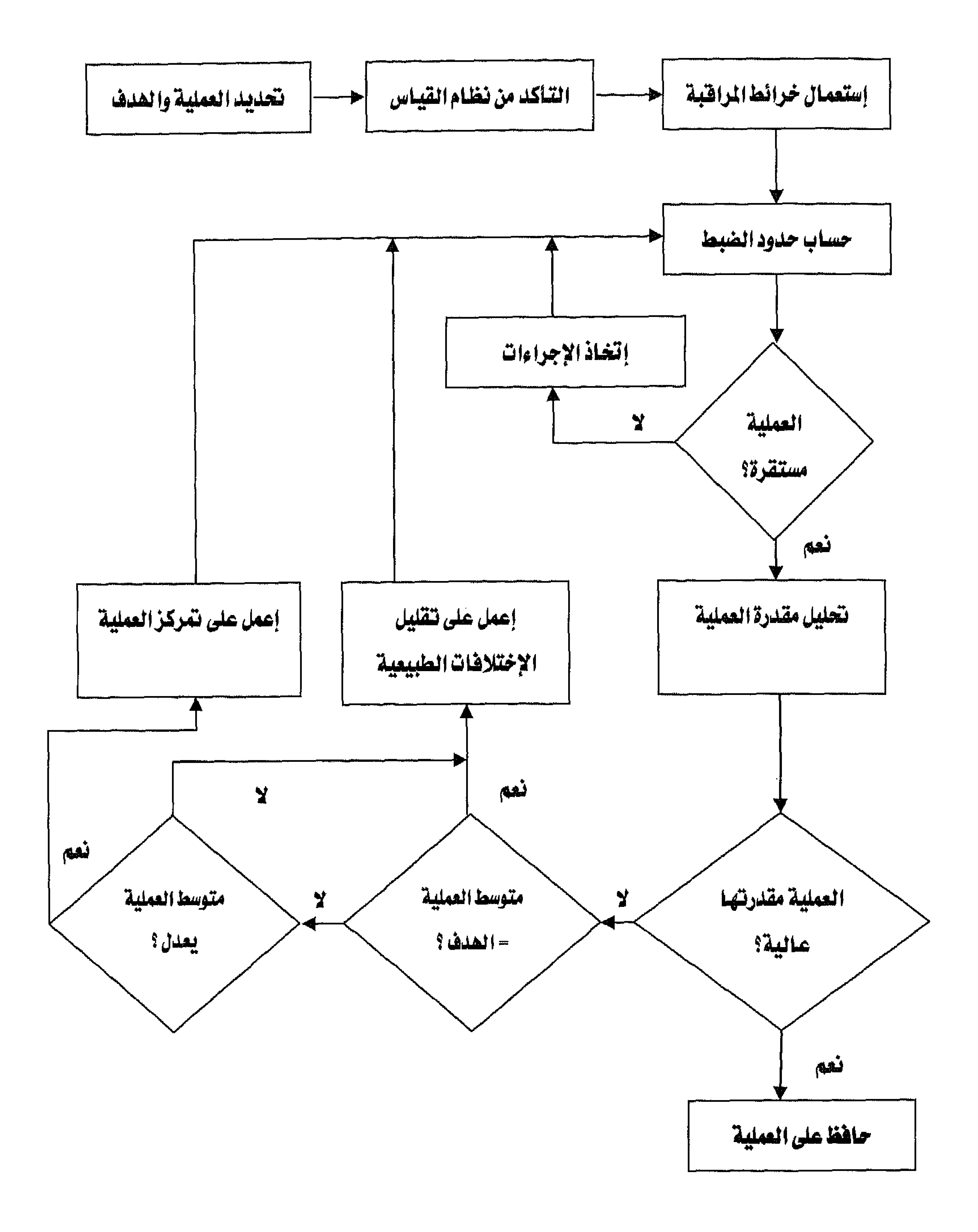
يلخص المخطط الموضح على الشكل (٦-٢٥) الطريقة العملية لإجراء تحليل مقدرة العمليات الإنتاجية أو الخدمية ودراسة مدى إمكانية تحقيق مواصفات العميل في المنتج أو الخدمة من العملية. تتمثل أهم الخطوات والإجراءات في هذه العملية فيما يلي:

- تحديد العملية الإنتاجية أو الخدمية والهدف منها.
- تحديد المواصفات بدقة.
- التأكد من أن نظام القياسات دقيق وملائم لإجراء القياسات على خصائص الجودة التي سنقوم بدراستها (R&R analysis).

- مراقبة العملية من خلال خرائط المراقبة للمتغيرات والتأكد من أنها مستقرة ومنظبطة إحصائيا (Process in statistical control).
- في حالة خروج العملية على حالة الضبط الإحصائي (Process out of statistical control) إتخاذ الإجراءات التصحيحية لإزالة الأسباب الخاصة (Assignable causes) وجعل العملية منظبطة إحصائيا.
- إجراء تحليل المقدرة وحساب مؤشرات المقدرة.
- اتخاذ الإجراءات التصحيحية في حالة عدم مقدرة العملية وهذا بالعمل على :

(أ) التقليل من الإختلافات الطبيعية وهذا بتقليص قيمة الإنحراف المعياري في العملية (σ) (Reduce Process variations).

(ب) تمركز العملية أي بجعل قيمة متوسط العملية يساوي أو يقارب قيمة المواصفة الهدف (المواصفة الإسمية) (Centering the process).



الشكل ٦-٢٥ خارطة الطريق لإجراء تحليل مقدرة العمليات

قد يكون من المفيد أن نختم هذا الفصل بأهم المميزات والفوائد التي تجنيها المنظمات الإنتاجية والخدمية من وراء إجراء تحليل مقدرة العمليات والمتمثلة في:

- الإجابة وبكل دقة عن السؤال الجوهري الذي عادة ما تواجه به المنظمات والمتعلق بمدى مقدرتها على تحقيق مواصفات العميل.
- تفادي وضع إستثمارات إضافية في العمليات كشراء معدات وتجهيزات متطورة إذا كانت العملية بإمكاناتها الحالية قادرة على تحقيق مواصفات العملاء.
- الاكتشاف المبكر لمشاكل العمليات وجودة مخرجاتها وخاصة تلك المرتبطة بأسباب خاصة تؤثر سلبا على مقدرة العملية وجودة مخرجاتها.

قصد تحسين مقدرة العمليات الإنتاجية أو الخدمية، قد يكون مناسبا في العديد من الحالات العمل على وضع برامج تدريبية للموظفين وتبسيط إجراءات العمل وإيجاد نظام حوافز ملائم للعمال وهذا ما يؤدي إلى التقليل من الإختلافات العامة (Common causes variations). يقول العالم إدوارد ديمنج (Deming, 1986): "إن مسؤولية فهم الاختلافات التي تقع في العمليات تقع على عاتق الإدارة العليا" وهي التي تخطط لبرامج التدريب ولديها صلاحيات تعديل إجراءات العمل ووضع آليات تحفيز العمال والموظفين. ومن هنا تكمن أهمية هذه الأمور الإجرائية البسيطة ودورها الفعال في تحسين مقدرة العمليات بما يسمح بتحقيق متطلبات العميل وتوقعاته. يؤكد ديمنج في منهجيته لإدارة الجودة الشاملة القائمة على النقاط الأربعة عشر على أهمية عنصر التدريب من خلال النقاط (٦) و(١٣) كما يؤكد العالم الياباني كوارو إيشيكاوا (Ishikawa, 1982) على ذلك من خلال مقولته الشهيرة "تبدأ ضبط الجودة حقيقة بالتدريب وتنتهي بالتدريب (Quality control starts truly with education and ends up with education)".

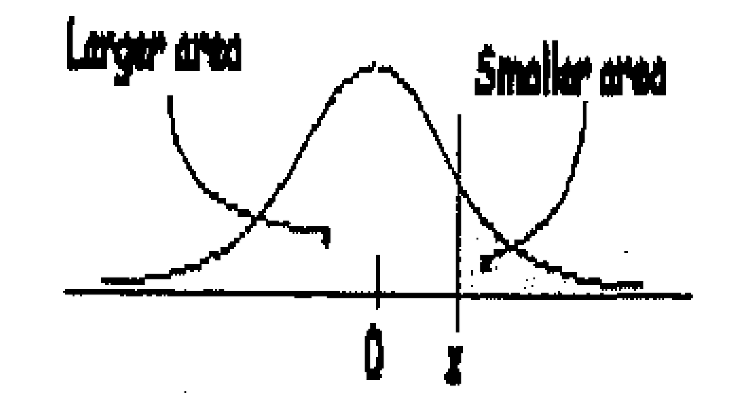
الملحقات

الملحق الأول

Appendix A

الجدول (A1) المساحة الواقعة تحت التوزيع الطبيعي

Area under the Normal Curve



z	z to $\bar{x}$	smaller area	larger area
0.000	0.0000	0.5000	0.5000
0.033	0.0133	0.4867	0.5133
0.067	0.0266	0.4734	0.5266
0.100	0.0398	0.4602	0.5398
0.133	0.0530	0.4470	0.5530
0.167	0.0662	0.4338	0.5662
0.200	0.0793	0.4207	0.5793
0.233	0.0922	0.4078	0.5922
0.267	0.1051	0.3949	0.6051
0.300	0.1179	0.3821	0.6179
0.333	0.1306	0.3694	0.6306
0.367	0.1431	0.3569	0.6431
0.400	0.1554	0.3446	0.6554
0.433	0.1676	0.3324	0.6676
0.467	0.1796	0.3204	0.6796
0.500	0.1915	0.3085	0.6915
0.533	0.2031	0.2969	0.7031
0.567	0.2145	0.2855	0.7145
0.600	0.2257	0.2743	0.7257
0.633	0.2367	0.2633	0.7367
0.667	0.2475	0.2525	0.7475
0.700	0.2580	0.2420	0.7580
0.733	0.2683	0.2317	0.7683
0.767	0.2784	0.2216	0.7784
0.800	0.2881	0.2119	0.7881
0.833	0.2977	0.2023	0.7977
0.867	0.3069	0.1931	0.8069
0.900	0.3159	0.1841	0.8159
0.933	0.3247	0.1753	0.8247
0.967	0.3331	0.1669	0.8331
1.000	0.3413	0.1587	0.8413

تابع الجدول (A1)

z	z to $\bar{x}$	smaller area	larger area	z	z to $\bar{x}$	smaller area	larger area
1.033	0.3493	0.1507	0.8493	**2.033**	0.4790	0.0210	0.9790
1.067	0.3569	0.1431	0.8569	**2.067**	0.4806	0.0194	0.9806
1.100	0.3643	0.1357	0.8643	**2.100**	0.4821	0.0179	0.9821
1.133	0.3715	0.1285	0.8715	**2.133**	0.4836	0.0164	0.9836
1.167	0.3783	0.1217	0.8783	**2.167**	0.4849	0.0151	0.9849
1.200	0.3849	0.1151	0.8849	**2.200**	0.4861	0.0139	0.9861
1.200	0.3849	0.1151	0.8849	**2.233**	0.4872	0.0128	0.9872
1.233	0.3913	0.1087	0.8913	**2.267**	0.4883	0.0117	0.9883
1.267	0.3974	0.1026	0.8974	**2.300**	0.4893	0.0107	0.9893
1.300	0.4032	0.0968	0.9032	**2.333**	0.4902	0.0098	0.9902
1.333	0.4088	0.0912	0.9088	**2.367**	0.4910	0.0090	0.9910
1.367	0.4141	0.0859	0.9141	**2.400**	0.4918	0.0082	0.9918
1.400	0.4192	0.0808	0.9192	**2.400**	0.4918	0.0082	0.9918
1.433	0.4241	0.0759	0.9241	**2.433**	0.4925	0.0075	0.9925
1.467	0.4288	0.0712	0.9288	**2.467**	0.4932	0.0068	0.9932
1.500	0.4332	0.0668	0.9332	**2.500**	0.4938	0.0062	0.9938
1.533	0.4374	0.0626	0.9374	**2.533**	0.4944	0.0056	0.9944
1.567	0.4414	0.0586	0.9414	**2.567**	0.4949	0.0051	0.9949
1.600	0.4452	0.0548	0.9452	**2.600**	0.4953	0.0047	0.9953
1.633	0.4488	0.0512	0.9488	**2.633**	0.4958	0.0042	0.9958
1.667	0.4522	0.0478	0.9522	**2.667**	0.4962	0.0038	0.9962
1.700	0.4554	0.0446	0.9554	**2.700**	0.4965	0.0035	0.9965
1.733	0.4585	0.0415	0.9585	**2.733**	0.4969	0.0031	0.9969
1.767	0.4614	0.0386	0.9614	**2.767**	0.4972	0.0028	0.9972
1.800	0.4641	0.0359	0.9641	**2.800**	0.4974	0.0026	0.9974
1.833	0.4666	0.0334	0.9666	**2.833**	0.4977	0.0023	0.9977
1.867	0.4690	0.0310	0.9690	**2.867**	0.4979	0.0021	0.9979
1.900	0.4713	0.0287	0.9713	**2.900**	0.4981	0.0019	0.9981
1.933	0.4734	0.0266	0.9734	**2.933**	0.4983	0.0017	0.9983
1.967	0.4754	0.0246	0.9754	**2.967**	0.4985	0.0015	0.9985
2.000	0.4772	0.0228	0.9772	**3.000**	0.4987	0.0013	0.9987

الجدول (A2) – المعاملات الثابتة المستعملة في خرائط المراقبة

Control Chart Factors

n	A_2	A_3	B_3	B_4	c_4	d_2	D_2	D_3	D_4
2	1.880	2.659	0	3.267	0.7979	1.128	3.686	0	3.267
3	1.023	1.954	0	2.568	0.8862	1.693	4.358	0	2.575
4	0.729	1.628	0	2.266	0.9213	2.059	4.698	0	2.282
5	0.577	1.427	0	2.089	0.9400	2.326	4.918	0	2.114
6	0.483	1.287	0.030	1.970	0.9515	2.534	5.079	0	2.004
7	0.419	1.182	0.118	1.882	0.9594	2.704	5.204	0.076	1.924
8	0.373	1.099	0.185	1.815	0.9650	2.847	5.307	0.136	1.864
9	0.337	1.032	0.239	1.761	0.9693	2.970	5.394	0.184	1.816
10	0.308	0.975	0.284	1.716	0.9727	3.078	5.469	0.223	1.777
11	0.285	0.927	0.321	1.679	0.9754	3.173	5.535	0.256	1.744
12	0.266	0.886	0.354	1.646	0.9776	3.258	5.594	0.283	1.717
13	0.249	0.850	0.382	1.618	0.9794	3.336	5.647	0.307	1.693
14	0.235	0.817	0.406	1.594	0.9810	3.407	5.696	0.328	1.672
15	0.223	0.789	0.428	1.572	0.9823	3.472	5.740	0.347	1.653
16	0.212	0.763	0.448	1.552	0.9835	3.532	5.782	0.363	1.637
17	0.203	0.739	0.466	1.534	0.9845	3.588	5.820	0.378	1.622
18	0.194	0.718	0.482	1.518	0.9854	3.640	5.856	0.391	1.609
19	0.187	0.698	0.497	1.503	0.9862	3.689	5.889	0.404	1.596
20	0.180	0.680	0.510	1.490	0.9869	3.735	5.921	0.415	1.585
21	0.173	0.663	0.523	1.477	0.9876	3.778	5.951	0.425	1.575
22	0.167	0.647	0.534	1.466	0.9882	3.819	5.979	0.435	1.565
23	0.162	0.633	0.545	1.455	0.9887	3.858	6.006	0.443	1.557
24	0.157	0.619	0.555	1.445	0.9892	3.895	6.032	0.452	1.548
25	0.153	0.606	0.565	1.435	0.9896	3.931	6.056	0.459	1.541

(n) : حجم العينة

المراجع العلمية

أولا - المراجع العلمية باللغة العربية

القزاز، إسماعيل إبراهيم وعادل، عبد المالك، (١٩٩٧)، "**ضبط الجودة : النظرية والتطبيق**"، مكتبة طرابلس العلمية العالمية، طرابلس، ليبيا.

إسماعيل، محمد عبد الرحمن ، (٢٠٠٦)، "**الرقابة الإحصائية على العمليات**"، معهد الإدارة العامة، الرياض.

رابيت، جون وبيتر، بيرغ، (١٩٩٩)، "**دليل الجيب إلى ISO 9000**" ، سلسلة معايير إدارة الجودة العالمية، ترجمة الدار العربية للعلوم، بيروت، لبنان.

رابيت، جون وبيتر، بيرغ ،(١٩٩٩)، "**دليل الجيب إلى المعيار QS 9000** " ، سلسلة معايير إدارة الجودة العالمية ، ترجمة الدار العربية للعلوم، بيروت، لبنان.

السقاف، حامد عبد الله، (٢٠٠١)، "**قياس الجودة في الشركات الخدمية**"، مكتبة الملك فهد الوطنية، الخبر، المملكة العربية السعودية.

بن سعيد، خالد، (٢٠٠٤)، "**سيجما ستة : تطبيقات على المنشآت الخدمية و الصناعية**"، دار الأصحاب ، الرياض، المملكة العربية السعودية.

الخلف، خالد، (٢٠٠١)، "**التقييس الحديث**"، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض، المملكة العربية السعودية.



سرور، علي، (١٩٩٥)، "**الرقابة على الجودة**"، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، مصر. ترجمة كتاب (*Besterfield*, 1998, Quality Control).

البكري، سونيا، (٢٠٠٢)، "**إدارة الجودة الكلية**"، الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر.

الحربي، عوض، (٢٠٠٦)، "**تكاليف الجودة وطرق قياسها- حالة تطبيقية على المنظمات الحاصلة على شهادة الايزو**"، الأكاديمية العربية للعلوم والنقل البحري- الاسكندرية- مصر ، مارس.

عيشوني، محمد (٢٠٠٧)، "**ضبط الجودة – التقنيات الأساسية وتطبيقاتها في المجالات الإنتاجية والخدمية**"، دار الأصحاب للنشر والتوزيع، الرياض.

عيشوني، محمد (٢٠١٠)، "**الدليل العملي للتحسين المستمر للعمليات بإستخدام الأدوات الأساسية السبع للجودة**"، سلسلة إصدارات المجلس السعودي للجودة (٢)، دار الأصحاب للنشر والتوزيع، الرياض.

عيشوني، محمد (٢٠١٢)، "**الدليل العملي للتحسين المستمر للعمليات بإستخدام الأدوات السبع** للإدارة والتخطيط"، سلسلة إصدارات المجلس السعودي للجودة (٤)، دار الأصحاب للنشر والتوزيع، الرياض.

الدرادكة، مأمون، والسبلي طارق، والحياصات خالد، وعزام صبري، ويوسف توفيق ، (٢٠٠١)، "**إدارة الجودة الشاملة**"، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

البرواري، نزار وباشيوة، لحسن، (٢٠١١)، "**إدارة الجودة – مدخل للتميز والريادة**"، دار الوراق، عمان، الأردن.

براون مارك، (١٩٩٩) ، "**دليل الجيب إلى شهادة بالدريج للجودة** " ، سلسلة معايير إدارة الجودة العالمية ، ترجمة الدار العربية للعلوم، بيروت، لبنان.

محمود، سلامة، (١٩٧٦)، "الضبط المتكامل لجودة الإنتاج"، وكالة المطبوعات، الكويت.

ويليامز، ريتشارد (٢٠٠٧)، "أساسيات إدارة الجودة الشاملة"، سلسلة العمل بذكاء، الجمعية الأمريكية للإدارة، ترجمة مكتبة جرير، الرياض.

توفيق، عبدالرحمن (٢٠٠٨)، "إدارة الجودة الشاملة"، مركز الخبرات المهنية للإدارة – بميك، القاهرة.

ثانيا - المراجع العلمية باللغة الإنجليزية

Aichouni, M., (2013), "Use of the Basic Quality Tools for the Improvement of the Production Process of a local Ready Mixed Concrete Plant in Hail", The 4th National Quality Conference, Hail University – Saudi Standards Organization (SASO), 3-6 February.

Aichouni, M. (2012), "On the use of the basic quality tools for the improvement of the construction industry: A case study of a ready mixed concrete production process", Int. J. of Civil & Environmental Eng., Vol. 12, N. 5, pp. 31-38.

Aichouni, M. and Al-Ghonamy, A., (2010), "Towards a Simple Approach based on Process Improvement to Measure Quality Indicators in Higher Education Institutions"; The 3rd Conference on "Quality in University Education in the Islamic World", Naif Arab University For Security Science (NAUSS), Riyadh: 20-22 December.

Aichouni, M. and Al-Shammari S., (2010), 'On the Use of Quality Tools and Techniques for Improvement of the Learning Process in Engineering Education', The 5th International Form on Engineering Education IFEE 2010 - "Engineering Education in the 21st Century – Quality, Globalization and Local Relevance", Sharjah University, 23-25 November, The U.A.E.

Aichouni, M , Al-Rugy, N. and Al-Mutairi, K. (2009), `The Total Quality Management Approach as a Strategy for performance improvement in the Saudi Police – A Case Study", The International Conference on Administrative Development : Towards Excellence in Public Sector Performance, Riyadh, 1-4, November.

Aichouni, M and Benchicou S, `Back to Basics : The seven basic quality tools and their applications in manufacturing and services`, The 2nd Quality Congress Middle East (QC2008), Dubai, UAE, April, 6-9, 2008.

Allen , Theodore (2006), "Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma : Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems", Springer-Verlag, London.

Addey, J. (2004), "The Modern Quality Manager", The Total quality Management Journal, Vol. 15, N 5-6, pp. 879-889, July-August Issue.

American Society of Quality, (2011), "The Seven Basic Quality Tools", ASQ Quality Press.

American Society of Quality, (2010), "History of the Statistics Division", http://asq.org/statistics/about/index.html

Arthur, J., (2004), "The small business guerilla guide to six sigma – How to systematically cut costs and boost profits, even in tough times", Life Star Publishing.

Bass, Issa (2007), "Six Sigma statistics with Excel and Minitab", McGraw Hill, New York

Besterfield, Dale, (1998), "Quality Control", 5th Edition, Prentice Hall, New Jersey.

Box, G. , Kachar, R. , Vijay, N, Phadke, M, Shoemaker, A, and Wu, C.F.J., (1987), "On quality practice in Japan", Report 27, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at: http://www.engr.wisc.edu/centers/cqpi/reports.html

Box, G and Bisgaard, S, (1987), "The Scientific Context of Quality Improvement", Report 25, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at:
http://www.engr.wisc.edu/centers/cqpi/reports.html
Published in the Mechanical Engineering Journal, Issue January 1988, pp. 32-40

Chen K. S, Huang, M. L. and Li R. K., (2001), `Process Capability Analysis for an entire Product`, International Journal of Productivity Research, Vol. 39, N. 17, pp. 4077-4087.

Cross, N., (1989), "Engineering design methods", John Wiley and Sons Publisher, New York.

De Vries, A., (2001), `Statistical Process Control charts applied to dairy herd reproduction`, PhD Thesis, University of Minnesota.

Deming, W. Edwards, (1982), "Quality, Productivity and Competitive Position", Cambridge Mass, MIT Press.

Deming, W. Edwards, (1986), "Out of the Crisis", Cambridge Mass, MIT Press.

Deming, W. Edwards, (2000), "The New Economics : for Industry, Government, Education", Cambridge Mass, MIT Press.

Evans, J. And Lindsay, W., (1999), "The Management and Control of Quality", 4th Edition, South-Western.

Feigenbaum, A. V., (1991), "Total Quality Control", 3rd Edition, Mc Graw Hill, New York.

Fuller, F. T., (1987), "Eliminating Complexity from Work: Improving Productivity by Enhancing Quality", Report 17, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at http://www.engr.wisc.edu/centers/cqpi/reports.html

Gaafar, L. and Kaats, J. (1992), "Statistical Process Control: A Guide for Implementation", Journal of Quality and Reliability, Issue N 4, pp. 9-21.

Garvin, D A, (1987), "Competing on the Eight Dimensions of Quality ", Harvard Business Review, Nov-Dec, pp. 101-109.

Garvin, D A, (1988), "Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge", The free Press, A Division of McMillan Inc, New York.

Grant E. L and Leavenworth, R. S., (1999), `Statistical Quality Control`, 7th Edition, Mc Graw Hill, Boston.

Green, F. B., (2006), `Six-Sigma and the revival of TQM`, Total quality Management & Business Excellence, Vol. 17, N. 10, December, pp. 1281-1286

Groebner, D. F., Shannon, P. W., Fry, P. C. and Smith, K. D., (2005), `Business Statistics – A Decision making approach`, Pearson Education International, Prentice Hall, New York.

Gijo, E V and Perumallu, P. K., (2003), `Quality Improvement by reducing variation : A case study`, TQM & Business Excellence, Vol. 14, N. 9, Nov. , pp. 1023-1031.

GOAL/QPC Research, (2001), "The Seven Quality Control Tools (7QC)," Retrieved from Internet: http://www.goalqpc.com/RESEARCH/7qc.html

Gunther, J., Hawkins, F. (1999). Making TQM work: Quality tools for human service organizations. New York: Springer Publishing Company.

Henderson, Robin (2011), "Six Sigma Quality Improvement with Minitab", Wiley, (2nd ed)

Herrman, T. (2002), `Statistical Process Control : Techniques for Feed Manufacturing`, Kansas State University, Downloaded from : http://www.oznet.ksu.edu

Hunter, W, O'Neil, J and Wallen, C., (1986), "Doing More with Less in the Public Sector: A Progress Report from Madison Wisconsin", Report 13, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at:
http://www.engr.wisc.edu/centers/cqpi/reports.html

Ishikawa, K., (1972), "Quality Control starts and ends up with Education", Quality Progress, Vol. 5, N. 8, p. 18.

Ishikawa, K., (1982), "Guide to Quality Control", Asian Productivity Organization, UNIPUB, New York, N. Y.

Johson, G and Baum, P. (2004), `A statistical Model to Analyze time to graduate`, Journal of Education for Business, Issue July/August, pp. 344-347.

Juran, J. M. and Godfrey, A. B., (2000), "Juran's Quality Handbook", 5th Edition, Mc Graw Hill, Singapore.

Keller, G. and Warrak, B., (2003), "Statistics for Management and Economics", 6th Edition, Brooks/Cole, Thomson Learning Inc., New York.

Lee, P. H and Yum, B. J., (2003), `Multi-characteristics parameter design: A desirability function approach based on process capability indices`, International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 10, N. 4, pp. 445-461.

Leigh, David, (1993), "Total Quality Management : Training Module on Statistical Process Control", Temple Junior College, Texas, USA.

Levine, David (2006),"Statistics for Six Sigma Green Belts with Minitab and JMP", Pearson, London.

Maguad, B.A., (2006), "The Modern Quality Movement: Origines, Development and Trends", Total Quality Management, Vol. 17, N. 2, pp. 179-203, March.

Marks, N. B. and O'Connell, T., (2003), 'Using statistical Control Charts to analyze data from student evaluations of teaching', Decision Science Journal of Innovative Education, Vol. 1, N. 2, pp. 259-272.

Meirovich, G. (2006), "Quality of Design and Quality of Performance : Contingency and synergistic approaches", Total Quality Management, Vol. 17, N. 2, pp. 205-219, March.

Messaoud, A., (2006), "Monitoring Strategies for Chatter detection in a drilling process", Doctoral Thesis, University of Dortmund, Germany.

Montgomery, D. (2004), 'Introduction to statistical quality control', 5th edition, John Wiley and Sons, New Jersey.

Mukhopadhyay, C and Nataraja, H. S., (2004), 'Improvement of Piston Ring Quality : A case study', Total Quality Management Journal, Volume 15, N. 1, pp.105-125.

Nankana, A. N., (2005), "The Seven Magnificent: Simple, Quick and Cost Effective Tools for Continuous Improvement', New Age International Publishers, India.

Neil, H and Paul, W, (1994), "Towards better understanding of Quality", International Journal of Quality and Reliability Management, vol. 2 (4), pp.53-63.

Pande, R. S, Newman, R.P. and Carangah, P.R., (2000), "The six sigma way – How GE, Motorola and other top companies are honing their performance", McGraw Hill, New York.

Parasuraman, A, Zeithaml, V.A and Berry, L.L, (1988), "SERVQUAL: A multiple item scale for measuring consumer perception for service quality", Journal of Reliability, Vol. 64 (4), pp. 12-40.

Shewart, W. A., (1931), "Economic Control of Quality Product", New York

Taguchi, G. (2005), Taguchi's Quality Engineering Handbook, John Willey and Sons, US.

Tim, S., (2005), "Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement using cases", Eseiler Butterworth-Heinemam, Oxford, The United Kingdom.

Woodall, W. H., (2000), 'Controversies and Contradictions in statistical process control', Journal of Quality Technology, Vol. 32, N. 4, Oct., pp. 341-350.

Zairi, M. and Idris, M. (2006), "Sustaining TQM: A Synthesis of Literature and Proposed Research Framework", Total Quality Management, Vol. 17, No. 9, 1245–1260, November.

Zairi et al. (2010): "Key Enablers for the Effective Implementation of QFD – Acritical Analysis", Research Paper: ECBPM/0031, The European Center for Best Practice Management.

Zairi, M., (2011), Excellence Demystified: 121 Ways, ECBPM Publishing House House, U.K.

مطابع الحميضي ت: 2130130 الرياض



ردمك : ٩-٩-٠-٩٨١٥-٦٠٣-٩٧٨

مطابع الحميضي ت: 2130130 الرياض